ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 JUILLET 1958.

PRÉSIDENCE DE M. PAUL MONTEL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

EMBRYOLOGIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Boragacées. Développement de l'embryon chez l'*Omphalodes linifolia *Mœnch.* Note de M. **René Souèges**.

L'embryogénie de l'*Omphalodes* offre les plus étroites analogies avec celle d'autres Boragacées, du *Cynoglossum officinale* particulièrement. Par la tétrade en B_2 et les destinées des deux cellules apicale et basale, ces espèces se rattachent à l'archétype du *Geum urbanum*; apparaissent cependant, à la deuxième génération chez l'*Omphalodes*, des différences essentielles caractérisant un sous-archétype.

Déjà des observations très précises assez nombreuses ont démontré que, chez les Boragacées, les lois qui président au développement de l'embryon offrent des divergences particulièrement profondes qui nous permettent d'affirmer que la famille est loin de posséder les caractères d'homogénéité et d'identité que la simple morphologie lui a reconnus jusqu'ici. Dès maintenant, parmi ses représentants, on peut distinguer des groupements embryogéniques bien définis, se rattachant à de véritables archétypes ou sous-archétypes embryonomiques, portant témoignage de la composition diverse et composite de la famille et posant de difficiles problèmes sur son origine et ses parentés phylétiques. Elle comporte plus de 1250 espèces, réparties en 85 genres environ; pour aider à la solution des problèmes présumés, il importe de déterminer quels sont le nombre et l'importance des variations que subissent, dans cet assez vaste domaine spécifique, les quatre grandes lois embryogéniques relatives aux blastomères fondamentaux, pendant les tout premiers stades du développement.

L'*Omphalodes linifolia* Mœnch, appelé encore Gazon blanc, est une plante annuelle de 10 à 35 cm, qu'on trouve çà et là dans les lieux secs et arides de la région méditerranéenne; c'est une bonne espèce; avec ses

poils rudes unicellulaires, ses fleurs régulières, son style gynobasique, ses ovules épitropes, ses tétrakènes, son embryon droit, elle est bien représentative de la famille.

Après division transversale du zygote (*fig.* 1, 2) les deux éléments superposés *ca* et *cb*, se segmentent, le premier obliquement (*fig.* 4) pour donner deux cellules *a* et *b* inégales et hétérodynames, tandis que le second, peu après généralement, se partage transversalement en deux cellules superposées *m* et *ci*. Il se produit ainsi une tétrade proembryonnaire type de la catégorie B_2.

En 5, la tétrade se voit selon un plan vertical faisant avec celui des figures 4, 6, 7, un angle de 90°. En 3, au moment de sa formation et même plus tard, la paroi de séparation des deux éléments *a* et *b* se montre plus ou moins verticale, normale à la première paroi transversale de segmentation. Il en résulte que les deux cellules *a*, et *b*, peuvent être peu dissemblables et conférer à la tétrade l'aspect d'une tétrade en A_2.

Il est nécessaire, à ce sujet, de rappeler qu'il ne faut pas uniquement considérer la direction plus ou moins inclinée de la paroi séparant *a* et *b*, *mais ce qui découle de sa formation, c'est-à-dire le caractère hétérodyname des deux cellules engendrées, leur comportement nettement dissemblable dans la suite de leurs divisions.*

Au cours de ces premiers stades, l'albumen nucléaire qui entoure l'oospore, devient, dans cette région, cellulaire, et forme un tissu assez compact formé de gros éléments chromatiques, qui entourent étroitement le proembryon (*fig.* 1, 2, 3, 5, 12).

Aux dépens de la tétrade, se constitue un proembryon octocellulaire (*fig.* 8) résultant de la segmentation transversale de la cellule inférieure *ci* (ce qui fait apparaître deux nouveaux éléments *n* et *n'*) (*fig.* 9), de la division longitudinale de l'élément intermédiaire *m*, de la division également longitudinale méridienne du blastomère *b*, et de la formation, en *a*, d'une paroi oblique qui amène la différenciation, au sommet, d'une cellule épiphysaire *e*. Les quatre éléments issus de *a* et de *b*, autrement dit de *ca*, correspondent à des quadrants; ces quadrants donnent naissance à la partie cotylée *sensu lato*.

Aux stades ultérieurs, il est généralement assez facile de suivre les divisions et les limites inférieures du tissu épiphysaire (*fig.* 10 à 13, 16 à 19); au moment de la naissance des cotylédons, ce tissu comporterait deux assises sous-épidermiques. Les deux éléments de l'étage *m* donnent d'abord quatre cellules circumaxiales (*fig.* 9 à 12) qui, subissant des divisions longitudinales d'abord (*fig.* 13, 14), puis transversales (*fig.* 15 à 19), engendrent la partie supérieure de l'hypocotyle, c'est-à-dire le primordium de la tige hypocotylée.

En *n*, les processus de division sont comparables; deux éléments apparaissent d'abord (*fig.* 10 à 12), ensuite quatre (*fig.* 13) qui donnent naissance à une couche (*fig.* 14, 16), puis à deux couches cellulaires (*fig.* 15, 18, 19), génératrices finalement de la partie inférieure de l'hypocotyle, c'est-à-dire du primordium de la racine.

Le blastomère *n'* se partage en deux éléments superposés *o* et *p*. En général, *o* produit deux (*fig.* 15, 16), puis quatre cellules circumaxiales (*fig.* 18) qui prennent des cloisons transversales plus ou moins obliques, séparant vers le haut les initiales du sommet radiculaire, *iec*, vers le bas, la partie médiane de la coiffe; l'élément, *o*, en somme, se comporte comme une hypophyse véritable. Quelquefois, il se divise primordialement par une cloison transversale et c'est le nouvel élément isolé vers le haut qui assume les fonctions de cellule hypophysaire (*fig.* 14).

Les quelques variations qui ont été observées résident dans le mode de séparation de

l'hypophyse aux dépens de *o* et dans la séparation plus ou moins nette des parties : tissu épiphysaire et partie cotylée *sensu stricto*, tirant origine de la cellule apicale.

Somme toute, c'est au deuxième des trois grands groupements des formes embryonnaires (¹) qui ont été déjà distingués parmi les Boragacées, qu'on doit rattacher l'*Omphalodes linifolia*. Ce deuxième groupement

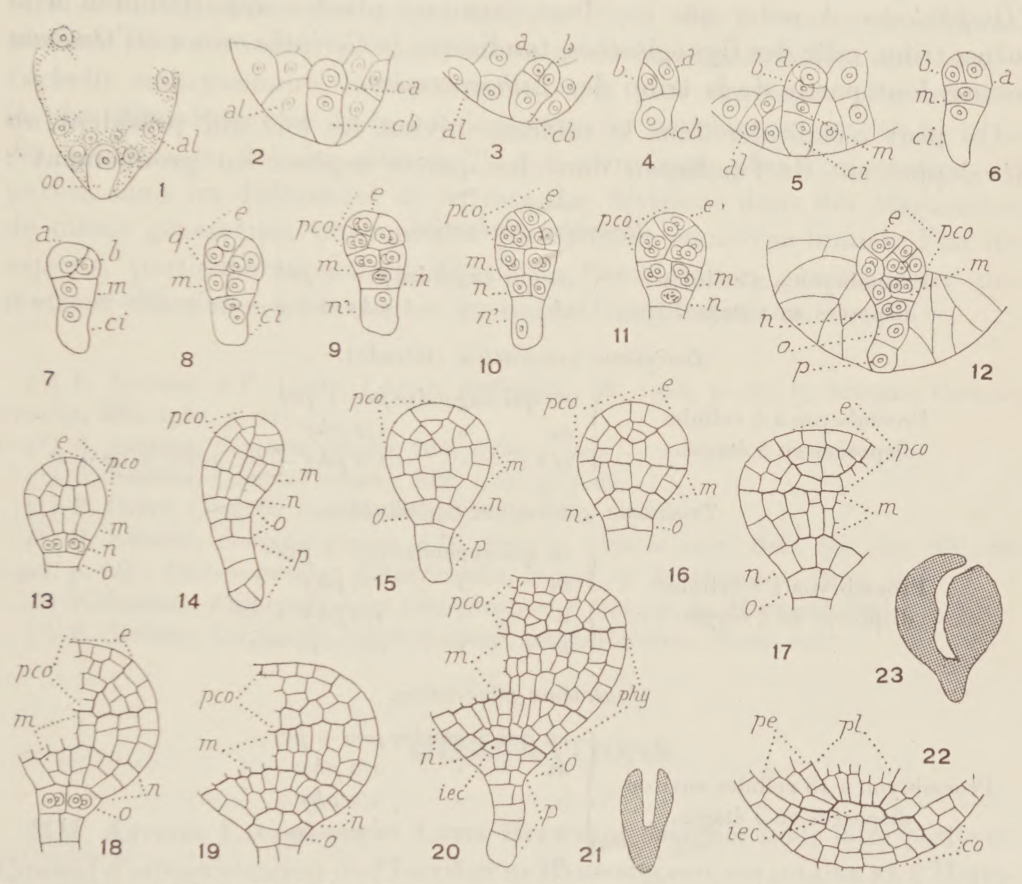


Fig. 1 à 23. — *Omphalodes linifolia* Mœnch. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *oo*, oospore; *al*, albumen; *ca* et *cb*, cellule apicale et basale du proembryon bicellulaire; *a* et *b*, cellules filles de *ca*; *q*, quadrants; *e*, épiphyse; *m* et *ci*, cellules filles de *cb*; *n* et *n'*, cellules filles de *ci*; *o* et *p*, cellules filles de *n'*; *pco*, partie cotylée, *s. lato*; *phy*, partie hypocotylée; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *co*, coiffe. En 21, aspect de l'embryon d'où est tiré le détail de la figure 22; en 23, embryon subadulte. (G = 360; 20 pour 21, 12 pour 23.)

est caractérisé par une tétrade en B_2; il se range dans la série B de la classification périodique, et, en outre, par les destinées de la cellule basale, dans la case du deuxième groupe embryogénique commandée par le mégarchétype II. Dans cette même case, ont déjà trouvé place trois Boragacées : le *Cerinthe minor* L. (²), l'*Onosma nanum* DC (³) et le *Cynoglossum officinale* L. (⁴).

Entre ces quatre espèces, on ne relève que des différences tout à fait secondaires; la principale réside dans la formation, aux dépens de *n'*, chez l'*Omphalodes linifolia* comme chez le *Cynoglossum officinale*, d'un suspenseur *sensu lato*, qui se différencie en une hypophyse véritable, tirant origine d'une cellule privilégiée, *o*, et en un suspenseur *sensu stricto*, produit par *p*, très réduit chez le *Cynoglossum*, beaucoup plus allongé chez l'*Omphalodes*. A noter que ces deux dernières plantes appartiennent à la même tribu, celle des Cynoglossées, tandis que le *Cerinthe minor* etl'*Onosma nanum* font partie de la tribu des *Lithospermées*.

On peut récapituler dans le tableau suivant les lois qui président au développement de l'embryon dans les quatre espèces du groupement :

Première génération.

Proembryon à 2 cellules disposées en 2 étages.	*ca*	qui engendre	*pco* + *pvt*
	cb	»	*phy* + *icc* + *iec* + *co* + *s*

Deuxième génération (tétrade).

Proembryon à 4 cellules disposées en 3 étages.	*ca*	qui engendre	*pco* + *pvt*
	m	»	1/2 *phy*
	ci	»	1/2 *phy* + *icc* + *iec* + *co* + *s*

Troisième génération (quadrants).

Proembryon à 8 cellules disposées en 4 étages.	*ca*	qui engendre	*pco* + *pvt*
	m	»	1/2 *phy*
	n	»	1/2 *phy* + *icc*
	n'	»	*iec* + *co* + *s*

Quatrième génération.

Proembryon à 16 cellules environ disposées en 5 étages.	*ca*	qui engendre	*pco* + *pvt*
	m	»	1/2 *phy*
	n	»	1/2 *phy*
	o	»	*iec* + *co*
	p	»	*s*

Si l'on compare ce tableau à celui qui résume les lois embryogéniques observées chez le *Geum urbanum* L. ([5]), Rosacée représentant l'archétype, chef de file de la case où se trouvent rangées les quatre Boragacées dont il est ici question, on constate que des différences dites *essentielles* apparaissent dès la deuxième génération puisque, chez le *Geum*, *m* engendre *phy* + *icc*, c'est-à-dire la partie hypocotylée tout entière, et que *ci* donne naissance à *iec* + *co* + *s*, c'est-à-dire à l'hypophyse et au suspenseur. Ces différences, traduisant des modifications profondes de la *loi des destinées*, nous autorisent à rattacher les quatre Boragacées à un véritable *sous-archétype* qui sera celui du *Cerinthe minor*, cette espèce ayant été la première l'objet des découvertes caractéristiques du groupement.

Se pose encore la question des rapports de subordination des archétypes et des sous-archétypes; elle ne pourra être abordée que plus tard, quand seront bien connus d'autres exemples analogues de discriminations entre types embryonomiques; elle pourra sans aucun doute être résolue en considération : 1° de la *régularité et de la fixité des lois* qui président aux cloisonnements; 2° du *principe de la répartition des potentialités*, qui a déjà servi à la séparation des mégarchétypes ([6]); 3° des processus de *différenciations plus ou moins précoces* au cours de la segmentation, qui sont, à l'échelle embryonnaire, la représentation la plus simple, la plus sensible, la plus démonstrative de la condensation du développement; 4° de la *loi des nombres* ou *loi des vitesses* ([7]), qui n'envisage plus l'orientation des parois, mais les différences de vitesse des divisions dans des blastomères de même génération, phénomènes qui mettent encore en lumière l'un des aspects, particulièrement significatif de l'accélération génésique et permettent d'assister à ses toutes premières manifestations.

([1]) R. Souèges et P. Crété, l'*Année biologique*, 28, 1952, p. 36; R. Souèges, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 217.

([2]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 200.

([3]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2164.

([4]) P. Crété, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 660.

([5]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 1070 et 1197; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 70, 1923, p. 645; *Embryogénie et Classification*, 3e fasc., p. 47, Hermann, Paris, 1948.

([6]) R. Souèges, *Embryogénie et Classification* 2e fasc., p. 59, Hermann, Paris, 1939.

([7]) R. Souèges, *Les lois du développement*, p. 58, Hermann, Paris, 1937.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Antoine Lacassagne** et **Louis Bazy** sont désignés pour faire partie du Conseil d'administration de l'**Institut de Radiobiologie cellulaire et d'Histochimie**, rattaché à la Faculté de Médecine de Paris.

M. **Pierre Pruvost**, dont les pouvoirs étaient expirés, est désigné à nouveau pour faire partie au nom de l'Académie, du **Comité du fonds Charles Doolittle Walcott de la National Academy of Sciences de Washington**.

CORRESPONDANCE.

M. **Robert Stumper** en son nom et pour l'Institut Grand-Ducal de Luxembourg, exprime à l'Académie des condoléances à l'occasion de la mort de M. *Maurice Caullery*.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° The Danish atomic energy commission. *Risö*;

2° Atomic energy commission of Washington. *The shorter-term biological hazards of a fallout field. Symposium, december* 12-14, 1956;

3° Université de Belgrade. Faculté d'électrotechnique. *Posebna izdania*, n° 1 ;

4° Centre technique des industries de la fonderie. *Rapport d'activité*, année 1957.

ALGÈBRE. — *Une caractérisation des demi-groupes nœthériens intégralement clos.* Note de M. **Guy Maury**, présentée par M. Gaston Julia.

1. *Définitions préliminaires.* — On appelle *demi-groupe nœthérien* un demi-groupe D vérifiant les trois conditions suivantes : 1. D est commutatif; 2. D possède un élément unité; 3. D vérifie la condition de chaîne ascendante pour les idéaux.

Il a été démontré récemment (1) que dans un demi-groupe nœthérien, tout idéal est intersection d'un nombre fini d'idéaux primaires, les idéaux premiers correspondants ne dépendant que de l'idéal considéré. On appellera ceux-ci les idéaux premiers essentiels de l'idéal considéré.

Soit Z le sous-demi-groupe des éléments simplifiables du demi-groupe nœthérien D. Considérons le demi-groupe D_Z des fractions de D selon Z.

Un élément x de D_Z est dit *entier sur* D, s'il existe un élément simplifiable a de D, tel que, pour toute valeur de l'entier naturel n, $x^n a$ appartienne à D.

Signalons la propriété suivante :

Une condition nécessaire et suffisante pour qu'un élément x de D_Z soit entier sur D, est qu'il existe un couple d'entiers p et p', $p > p' > 0$, et un élément b de D, tels que $x^p = bx^{p'}$. Un demi-groupe nœthérien D est dit *intégralement clos* si tout élément entier sur D appartient à D.

Le but de cette Note est de donner une caractérisation des demi-groupes nœthériens intégralement clos.

2. *Préliminaires.* — Soit S un sous-demi-groupe quelconque de D ne contenant pas zéro; considérons dans D la relation d'équivalence $\mathcal{R}_S$,

régulière pour la loi d'opération du demi-groupe :

a $\mathcal{R}_S$ *b, si et seulement si, il existe un élément s de* S *tel que sa = sb.*

Dans le demi-groupe $\bar{D} = D/\mathcal{R}_S$, l'ensemble $\bar{S}$ des classes des éléments de S forme un sous-demi-groupe de $\bar{D}$, ne contenant pas d'éléments non simplifiables dans $\bar{D}$: le demi-groupe $\bar{D}_{\bar{S}}$ des fractions (au sens ordinaire) de $\bar{D}$ selon $\bar{S}$ est appelé le *demi-groupe généralisé des fractions de* D *selon* S : il est noté aussi D_S. Quand S est le complémentaire d'un idéal premier P de D, $S = D - P$, D_S pourra encore être noté D_P.

Un intéret de cette construction est qu'il y a une correspondance biunivoque entre les idéaux premiers (respectivement primaires) de D ne rencontrant pas S et les idéaux premiers (respectivement primaires) de D_S. En outre D_S est nœthérien quand D l'est.

Appelons *idéal régulier* un idéal de D contenant un élément simplifiable et *idéal premier régulier minimal* un idéal premier et régulier ne contenant strictement aucun idéal premier régulier.

Signalons le résultat suivant :

THÉORÈME. — *Un idéal premier essentiel minimal d'un idéal* (*a*) *engendré par un élément simplifiable a du demi-groupe nœthérien* D, [*c'est-à-dire un idéal premier essentiel de* (*a*) *ne contenant strictement aucun autre idéal premier essentiel de* (*a*)], *est premier régulier minimal.*

3. La caractérisation envisagée s'énonce alors :

THÉORÈME. — *Une condition nécessaire et suffisante pour qu'un demi-groupe nœthérien* D *soit intégralement clos, est que les deux conditions suivantes soient simultanément réalisées :*

(1) *Pour tout idéal premier régulier minimal* P *de* D, D_P *est intégralement clos.*

(2) *Pour tout élément simplifiable a de* D, *les idéaux premiers essentiels de l'idéal* (*a*) *engendré par a, sont premiers réguliers minimaux.*

Remarquons que le théorème précédent ne renseigne pas sur la structure d'un demi-groupe nœthérien D, dont l'idéal maximal Q, (idéal des éléments non inversibles de D), est premier régulier minimal, et qui est intégralement clos. Cette structure, dans ce cas, est précisée ainsi :

THÉORÈME. — *Une condition nécessaire et suffisante, pour qu'un demi-groupe* D *nœthérien, dont l'idéal maximal* Q *est premier régulier minimal, soit intégralement clos, est que* Q *soit engendré par un élément a de* D : Q = (*a*).

(1) *Voir* L. LESIEUR et R. CROISOT, *Math. Ann.*, 134, 1958, p. 458-476.

ALGÈBRE. — *Sur un théorème de Marcel Riesz.*
Note de M. **Florent Constantinesco**, présentée par M. Paul Montel.

Dans cette Note, on donne une démonstration simple d'un théorème de M. Riesz et un nouveau théorème qui présente une grande ressemblance avec le premier. Les démonstrations reposent sur la formule

$$P'(x) = P(x)\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{x-a_i}$$

valable pour un polynome à zéros réels et distincts : a_i, $(i=1, 2, \ldots, n)$.

Considérons un polynome $P(x)$ à zéros réels et distincts $a_1, a_2, \ldots, a_n$. Désignons par a'_i, $(i=1, 2, \ldots, n-1)$ le zéro du polynome $P'(x)$ de l'intervalle (a_i, a_{i+1}).

D'après le théorème de M. Riesz, si nous posons

$$\delta = \min_{i=1,2,\ldots,n-1}\{a_{i+1}-a_i\}, \qquad \delta' = \min_{i=1,2,\ldots,n-2}\{a'_{i+1}-a'_i\}$$

nous avons

$$\delta' > \delta.$$

J'ai donné ([1]) une démonstration simple de ce théorème reposant sur la formule

$$P'(x) = P(x)\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{x-a_i}. \tag{1}$$

La démonstration peut encore être simplifiée de la manière suivante : admettons que

$$\delta' = a'_{k+1} - a'_k \qquad (1 \leq k \leq n-2)$$

et écrivons la formule (1) pour $x = a'_{k+1}$, $x = a'_k$,

$$\frac{1}{a'_{k+1}-a_1} + \sum_{i=1}^{n-1}\frac{1}{a'_{k+1}-a_{i+1}} = 0, \tag{2}$$

$$\sum_{i=1}^{n-1}\frac{1}{a'_k-a_i} + \frac{1}{a'_k-a_n} = 0. \tag{3}$$

En soustrayant (2) de (3), on a

$$\frac{1}{a'_{k+1}-a_1} + \sum_{i=1}^{n-1}\frac{a_{i+1}-a_i-\delta'}{(a'_{k+1}-a_{i+1})(a'_k-a_i)} - \frac{1}{a'_k-a_n} = 0.$$

Examinant les signes de ces termes, on constate qu'on ne peut pas avoir $\delta \geq \delta'$, c'est-à-dire que nous avons : $\delta' > \delta$.

Considérons maintenant deux polynomes $P(x)$ et $Q(x)$ ayant tous leurs zéros réels : $a_1, a_2, \ldots, a_n$ et $b_1, b_2, \ldots, b_n$. Nous voulons démontrer que : *Si les zéros des polynomes* $P(x,)$ $Q(x)$ *sont entrelacés, le minimum de la longueur des intervalles entre deux zéros des polynomes* $P(x)$ *et* $Q(x)$ *ne décroît pas si nous passons aux polynomes dérivés* $P'(x)$ *et* $Q'(x)$. D'après (2), nous avons

$$b'_i - a'_i > 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, n-1),$$
$$a'_{i+1} - b'_i > 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, n-2).$$

Nous pouvons écrire

$$\delta_1 = \min_i \{ b_i - a_i \}, \qquad \delta_2 = \min_i \{ a_{i+1} - b_i \}, \qquad \delta'_1 = \min_i \{ b'_i - a'_i \},$$
$$\delta'_2 = \min_i \{ a'_{i+1} - b'_i \} \qquad \text{où} \quad \delta'_1, \delta'_2 > 0.$$

Le théorème affirme que

$$\min \{ \delta_1, \delta_2 \} < \min \{ \delta'_1, \delta'_2 \}.$$

Admettons que $\delta'_1 = b'_k - a'_k$. Comme plus haut, nous avons

$$(4) \qquad \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{a'_k - a_i} = 0,$$

$$(5) \qquad \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{b'_k - b_i} = 0,$$

et, en soustrayant (5) de (4),

$$(6) \qquad \sum_{i=1}^{n} \frac{b_i - a_i - \delta'_1}{(a'_k - a_i)(b'_k - b_i)} = 0$$

d'où nous pouvons déduire : $\delta'_1 \geqq \delta_1$.

De même, nous avons : $\delta'_2 > \delta_2$.

Maintenant peuvent avoir lieu les quatre cas suivants

1. $\min \{ \delta_1, \delta_2 \} = \delta_1, \qquad \min \{ \delta'_1, \delta'_2 \} = \delta'_1;$
2. $\min \{ \delta_1, \delta_2 \} = \delta_1, \qquad \min \{ \delta'_1, \delta'_2 \} = \delta'_2;$
3. $\min \{ \delta_1, \delta_2 \} = \delta_2, \qquad \min \{ \delta'_1, \delta'_2 \} = \delta'_1;$
4. $\min \{ \delta_1, \delta_2 \} = \delta_2, \qquad \min \{ \delta'_1, \delta'_2 \} = \delta'_2.$

Dans les cas 1 et 4, le théorème est évident. Dans le cas 2, nous avons : $\delta'_2 > \delta_2 \geqq \delta_1$ et dans le cas 3, $\delta'_1 \geqq \delta_1 \geqq \delta_2$ et le théorème est démontré.

De (6), on déduit que le cas d'égalité n'a lieu que si $b_i = a_i + \delta_1$, $(i = 1, 2, \ldots, n)$ et représente le cas banal où $Q(x) = CP(x + \delta_1)$.

Le théorème est valable même si les degrés des polynomes diffèrent d'une unité et la démonstration se fait absolument de la même façon.

(1) *Nouvelles Annales de Mathématiques*, 1, 1925, p. 97.

(2) *Math. Ann.*, 77, 1916, p. 252; *Cf.* Paul Montel, *Sur les fractions rationnelles à termes entrelacés* (*Mathematica*, V, 1931).

ALGÈBRE ET THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur le couplage maximum d'un graphe.* Note (*) de M. **Claude Berge**, transmise par M. Georges Darmois.

Cette Note complète un précédent article ([1]) qu'on notera [T], et a pour but de donner une expression du nombre d'arêtes d'un couplage maximum ([2]).

Considérons un graphe connexe G, l'ensemble des sommets étant X, l'ensemble des arêtes étant U, l'ordre étant $n = |X|$. On désigne le degré d'un sommet $x \in X$ par $d(x) = |U_x|$. Donnons-nous des nombres $f(x) \leq d(x)$ (pour tout $x \in X$), et un ensemble d'arêtes W tel que $|W_x| \leq f(x)$, les arêtes de W étant *épaisses*, celles de U — W étant *fines*. A partir de G formons un graphe $\overline{G}$ en ajoutant un sommet $\overline{a}$ qu'on relie à tout sommet x par $f(x) - |W_x|$ arêtes épaisses. Généralisant d'une part le théorème 1 de [T], et d'autre part un théorème de Norman et Rabin ([3]), on peut tout d'abord énoncer :

Théorème 1. — *L'ensemble compatible* W *est maximum si et seulement si dans* $\overline{G}$, *il n'existe pas de chaînes alternées partant de* $\overline{a}$ *et revenant en* $\overline{a}$.

La démonstration est exactement comme dans [T].

Considérons maintenant le cas où W est un *couplage*, c'est-à-dire le cas où $f(x) \equiv 1$; si $S \subset X$, soit $p_i(S)$ le nombre de composantes d'ordre impair du sous-graphe engendré par l'ensemble X — S, et posons

$$\xi = \max_{S \subset X} (p_i(S) - |S|).$$

On désigne par E l'ensemble des sommets épais, par F l'ensemble des sommets fins, par M l'ensemble des sommets mixtes, par $p(X - M)$ le nombre de composantes du sous-graphe engendré par M.

Lemme. — *Si* W *est un couplage maximum, on a*

$$p_i(F) = p(X - M) + |E|.$$

Ceci résulte immédiatement du théorème fondamental des chaînes alternées [*cf.* Berge ([4])].

Théorème 2. — *Le nombre d'arêtes d'un couplage maximum est exactement* $1/2(n - \xi)$.

Plus précisément, montrons que si W est un couplage maximum, le nombre de sommets insaturés est exactement ξ. Si $S \subset X$, les composantes C_k du sous-graphe engendré par X — S, d'ordre impair et sans sommets insaturés, correspondent biunivoquement à des sommets s_k de S au moyen d'une arête épaisse; donc le nombre de sommets insaturés est au moins $p_i(S) - |S|$.

Par ailleurs, les arêtes épaisses établissent une correspondance biunivoque entre les composantes de points mixtes ne contenant pas de sommets insaturés,

ou les points épais, d'une part, et les points fins, d'autre part; on a donc, d'après le théorème 1,

$$|F| = p(X - M) + |E| - (\text{nombre de sommets insaturés}).$$

En comparant avec le lemme, on voit que le nombre de sommets insaturés est $p_i(F) - |F|$, donc il est aussi égal à ξ.

Si $\xi = 0$, on retrouve le cas étudié par Tutte [5]. Si le graphe est bichromatique, on peut aussi retrouver de cette façon des résultats de Kuhn [6], Ore [7], etc.

Le théorème 2 permet de limiter supérieurement le nombre de stabilité interne, c'est-à-dire le nombre maximum d'éléments d'un ensemble intérieurement stable du graphe; on a :

Théorème 3. — *Le nombre de stabilité interne* $\alpha(G)$ *du graphe* G *vérifie* $\alpha(G) \leq 1/2(n + \xi)$.

Ceci est immédiat, si l'on remarque qu'avec un couplage maximum W, un ensemble intérieurement stable a au plus ξ points sur l'ensemble des sommets insaturés, et au plus $1/2(n - \xi)$ points sur l'ensemble des sommets saturés.

Nous n'avons pas réussi à améliorer cette limitation supérieure du nombre de stabilité : il est facile de montrer que pour certains graphes, cette limite supérieure n'est pas atteinte.

(*) Séance du 23 juin 1958.

(1) C. Berge, *Proc. Nat. Acad. Sc.* (*U. S. A.*), 43, 1957, p. 842; à noter deux errenrs d'impression : le renvoi « 9 » s'applique au théorème 1, et le théorème 2 doit être complété par l'hypothèse qu'il n'y a pas plus d'une composante dans le sous-graphe engendré par les points mixtes.

(2) La correspondance terminologique franco-anglaise est la suivante : matching = couplage, neutral point = sommet insaturé, medium = mixte, weak = fin, strong = épais.

(3) R. Z. Norman et M. O. Rabin, *Notices of the A. M. S.*, 5, 1958, p. 36.

(4) C. Berge, *Théorie des graphes et ses applications*, Dunod, Paris, 1958, chap. 18.

(5) W. T. Tutte, *Canad. J. Math.*, 6, 1954, p. 347.

(6) H. W. Kuhn, *Nav. R. Quat.*, 60, 1953, p. 397.

(7) O. Ore, *Duke math. J.*, 22, 1955, p. 625.

ALGÈBRE HOMOLOGIQUE. — *Sur le spectre d'homologie d'un complexe.* Note (*) de M. Meyer Bockstein, présentée par M. Jean Leray.

Par un *complexe* nous comprenons ici une suite graduée de groupes abéliens

$$L : \quad \ldots \xrightarrow[d]{} L^{q-1} \xrightarrow[d]{} L^q \xrightarrow[d]{} L^{q+1} \xrightarrow[d]{} \ldots$$

liés par un homomorphisme d tel que $dd = 0$. Nous supposerons de plus que les groupes L^q constituant notre complexe n'ont pas d'éléments d'ordre fini.

G étant un groupe abélien quelconque, on appelle *groupe d'homologie* du complexe L de degré q par rapport au groupe des coefficients G le groupe-facteur

$$H^q(L, G) = \ker(L^q \otimes G \to L^{q+1} \otimes G) / \operatorname{im}(L^{q-1} \otimes G \to L^q \otimes G).$$

La projection correspondante $\ker(L^q \otimes G \to L^{q+1} \otimes G) \to H^q(L, G)$ sera désignée par η.

Pour simplifier l'écriture nous posons $H^q(L, \mathfrak{J}) = H^q_0(L)$, $H^q(L, \mathfrak{J}_m) = H^q_m(L)$, $\mathfrak{J}$ étant le groupe additif des entiers, et $\mathfrak{J}_m$ le groupe de ses résidus mod m, $\mathfrak{J}_m = \mathfrak{J}/m\mathfrak{J}$. Les éléments générateurs de $\mathfrak{J}_m$ seront désignés par 1_m.

Faisons maintenant les définitions suivantes. Par un *système de groupes* $\{G_\alpha; \pi\}$ nous appelons un ensemble de groupes abéliens G_α liés par des homomorphismes $\pi = \pi^\alpha_\beta : G_\alpha \to G_\beta$ définis pour certaines paires de ces groupes. Deux systèmes $\{G_\alpha; \pi\}$ et $\{H_\alpha; \omega\}$ se nomment *conjugués* quand ils sont définis pour le même ensemble d'indices et quand ω^β_α est défini si et seulement si π^α_β l'est. Le *produit tensoriel* $\{G_\alpha; \pi\} \otimes \{H_\alpha; \omega\}$ *de deux systèmes conjugués de groupes* est par définition le groupe-facteur de la somme directe $\sum_\alpha G_\alpha \otimes H_\alpha$ par rapport à son sous-groupe engendré par tous les éléments de la forme $g_\alpha \otimes \omega^\beta_\alpha h_\beta - \pi^\alpha_\beta g_\alpha \otimes h_\beta$ $(g_\alpha \in G_\alpha, h_\beta \in H_\beta)$. Le système $\{H^q_m(L); \pi, \omega\}$ $(m = 0, 1, 2, \ldots)$, où $\pi = \pi^{m'}_m$ et $\omega = \omega^m_{m'}$ $(m|m')$ sont les homomorphismes des groupes d'homologie répondant à la projection $\varphi^{m'}_m : \mathfrak{J}_{m'} \to \mathfrak{J}_m$ et à l'injection $\psi^m_{m'} : \mathfrak{J}_m \to \mathfrak{J}_m$ naturelles des groupes des coefficients, se nomme le *spectre d'homologie* de degré q de L.

Nous allons montrer que le spectre d'homologie de degré q définit tous les groupes d'homologie du même degré à l'aide de la formule

$$H^q(L, G) = \{H^q_m(L); \pi, \omega\} \otimes \{{}_mG; i, j\},$$

où ${}_mG$ pour $m = 0$ coïncide avec G et pour $m \neq 0$ est le groupe des éléments $g \in G$ pour lesquels on a $mg = 0$, et où $i = i^m_{m'} : {}_mG \to {}_{m'}G$ $(m|m')$ est l'application de plongement de ${}_mG$ dans ${}_{m'}G$ et $j = j^{m'}_m : {}_{m'}G \to {}_mG$ $(m|m')$ s'obtient si l'on multiplie les éléments de ${}_{m'}G$ par m'/m.

Passons à la démonstration. On a une application homomorphe naturelle Φ du second membre de cette formule dans son premier membre. Elle est donnée par la formule

$$\Phi\left(\sum_k \eta(l^q_k \otimes 1_{m_k}) \otimes g_k\right) = \sum_k \eta(l^q_k \otimes g_k).$$

Cette application est une projection sur $H^q(L, G)$. En effet, si

$$h = \eta\left(\sum_k l^q_k \otimes g_k\right)$$

est un élément de $H^q(L, G)$, on a

$$\sum_k l_k^q \otimes g_k \in \ker(L^q \otimes G \to L^{q+1} \otimes G), \qquad \text{ce qui implique} \quad \sum_k dl_k^q \otimes g_k = 0.$$

Mais puisque cet élément du produit tensoriel $L^{q+1} \otimes G$ est nul, il l'est déjà comme élément du produit tensoriel $C \otimes G$, C étant un sous-groupe de L^{q+1} à un nombre fini de générateurs, ce qui est une conséquence immédiate de la définition du produit tensoriel. Grâce à l'absence d'éléments d'ordre fini dans L^{q+1}, C est un groupe abélien libre de rang fini, ainsi que le groupe $B \subset L^q$ engendré par les éléments l_k^q.

On sait que les générateurs libres b_i et c_i des groupes B et C peuvent être choisis de façon qu'on ait

$$db_i = \begin{cases} m_i c_i & \text{pour } i \leq N, \\ 0 & \text{pour } i > N, \end{cases}$$

N étant un nombre ne dépassant pas le rang n du groupe B. On a $l_k^q = \sum_{i=1}^{n} \lambda_{ik} b_i$, λ_{ik} étant des entiers, et par suite $\sum_k l_k^q \otimes g_k = \sum_i b_i \otimes g_i^*$, où $g_i^* = \sum_k \lambda_{ik} g_k$. D'autre part, la condition $\sum_k dl_k^q \otimes g_k = 0$ dans $C \otimes G$ donne maintenant $\sum_i c_i \otimes m_i g_i^* = 0$, d'où l'on tire, c_i étant les générateurs libres de C, que $m_i g_i^* = 0$, c'est-à-dire que $g_i^* \in {}_{m_i}G$. Aussi $\sum_i \tau_i(b_i \otimes 1_{m_i}) \otimes g_i^*$ est-il un élément du produit tensoriel des systèmes $\{H_m^q(L); \pi, \omega\}$ et $\{{}_mG; i, j\}$, et l'on voit facilement que l'application Φ le fait passer en élément donné h.

D'une manière analogue, toutefois un peu plus compliquée, on démontre que Φ est un isomorphisme.

(*) Séance du 30 juin 1958.

TOPOLOGIE. — *Algèbre caractéristique des espaces fibrés et complexes semi-simpliciaux complets.* Note (*) de M. **Michel Zisman**, présentée par M. Joseph Pérès.

Interprétation de certains résultats de A. Borel (²) dans la théorie des complexes semi-simpliciaux complets.

1. Les lettres grasses **X**, **B**, ... désignent les espaces topologiques; X, B désignent les complexes C. S. S. (i. e. semi-simpliciaux complets) des chaînes singulières de **X**, **B**, ... Soit $p: \mathbf{X} \to \mathbf{B}$ un fibré principal de groupe **G**. L'appli-

cation correspondante $p : X \to B$ définit alors un fibré principal au sens de Kan du moins lorsque $\mathbf{X} \to \mathbf{B}$ est localement trivial, ce que nous supposerons dans la suite. Il existe alors une fonction tordante $\tau : B_q \to G_{q-1} (q = 1, 2, \ldots)$ telle que $X \approx G \times_\tau B$, et une application unique $g : G \times_\tau B \to \overline{W}(G)$, telle que $g(1_q \times B_q) \subset 1_q \times \overline{W}_q(G)$, $g\varepsilon = \varepsilon$ et compatible avec l'application identique $G \to G$ (ε désigne l'augmentation). g induit alors une application $\bar{g} : B \to \overline{W}(G)$.

Proposition 1. — *Les applications* $\bar{g}_* : H_*(B, \Lambda) \to H_*(\overline{W}(G), \Lambda)$ *et* $\bar{g}^* : H^*(\overline{W}(G), \Lambda) \to H^*(B, \Lambda)$ *ne dépendent que de la fibration* $p : X \to B$ *(*Λ*, anneau de coefficients à élément unité).*

En effet la condition nécessaire et suffisante pour que deux fonctions tordantes τ et τ' définissent le même fibré X est qu'il existe une fonction $u : B_q \to G_q (q = 0, 1, \ldots)$ telle que

$$(1) \quad \begin{cases} us_i = s_i u & (i \geq 0), \\ ud_i = d_i u & (i > 0), \\ (d_0 u(b)).\tau'(b) = \tau(b).u(d_0 b) & (b \in B), \end{cases}$$

le signe $'$ désigne l'analogue de g définie à l'aide de τ', la démonstration résulte du

Lemme 1. — *Soient* τ *et* τ' *deux applications tordantes liées par les relations* (1), *alors* $\bar{g}$ *et* $\bar{g}'$ *sont C.S.S. homotopes.*

En effet,

$$h_i(b) = s_{i-1}\tau(b) \cdot s_{i-2}\tau(d_0 b) \cdot \ldots \cdot s_0\tau(d_0^{i-1} b) \cdot u(d_0^i b) \cdot \tau'(d_0^i b) \cdot \ldots \cdot \tau'(d_0^{q-1} b),$$

$(b \in B_q)$ définit la C.S.S. homotopie cherchée.

Soit maintenant $\mathbf{E_G} \to \mathbf{B_G}$ un espace fibré universel pour $\mathbf{G}$ compact connexe. La construction (G, B_G, E_G) est un produit cartésien tordu acyclique auquel on peut appliquer la proposition 1. Un théorème de Moore (¹) permet alors de démontrer la

Proposition 2. — *Avec les hypothèses ci-dessus,* $\bar{g}_*$ *et* $\bar{g}^*$ *sont des bijections.*

On en déduit le

Théorème 1. — *Soit* $p : \mathbf{E} \to \mathbf{B}$ *un espace fibré principal de groupe* $\mathbf{G}$ *compact connexe, et* $g : G \times_\tau B \to W(G)$ *l'unique application définie par la fonction tordante* τ*. L'algèbre caractéristique de la fibration* $\mathbf{E} \to \mathbf{B}$ *est égale à* $\bar{g}^* H^*(\overline{W}(G), \Lambda)$.

2. *L'homomorphisme* ρ *de A. Borel.* — Soit $U \subset G$ un complexe de groupes et B_U le quotient de E_G par la relation d'équivalence définie par U. Soient τ_1 et τ des fonctions tordantes pour les fibrations $E_G \to B_G$ et $E_G \to B_U$, et enfin soit ρ l'application C.S.S. $B_U \to B_G$ définie par passage au quotient par $p : E_G \to B_G$. τ_1 induit une application unique $i : E_G \to W(G)$, τ une application unique $j : E_G \to W(U)$ et l'injection canonique $I : U \subset G$ définit une application unique $k : W(U) \to W(G)$, i, j, k, ayant les propriétés de l'application g du paragraphe 1.

Proposition 3 : *$k \circ j$ et $i \circ \rho$ sont C.S.S. homotopes.*

La démonstration consiste à construire une fonction $u : B_U \to G$ telle que $us_i = s_i u (i \geq 0)$, $ud_i = d_i u (i > 0)$ et $(d_0 u(b)).(\tau_1 \circ \rho)(b) = \tau(b).u(d_0 b)$. Les fonctions tordantes $\tau_1 \circ \rho$ et $\iota \circ \tau$ définissent donc le même fibré sur B_U à fibre G, mais les applications correspondantes $B_U \to \overline{W}(G)$ sont $i \circ \rho$ et $k \circ j$, et le lemme 1 permet de conclure. La proposition 3 ramène l'étude de $\rho^\star$ à celle de $k^\star$ puisque $\bar{i}^\star$ et $\bar{j}^\star$ sont des bijections (proposition 2).

3. *Les invariants du groupe de Weyl.* — Soit **T** un tore maximal du groupe de Lie compact **G**, **N** le normalisateur de **T** dans **G** et $\Phi = \mathbf{N}/\mathbf{T}$ le groupe de Weyl. Un élément $n \in \mathbf{N}$ opère sur G. $n : G \to G$ est une C. S. S. application. n induit une application C. S. S. encore notée $n : E_G \to E_G$ par $n(g, y) = (ng, y)$ $g \in G$, $y \in B_G$. Cette application passe au quotient par T (notations du paragraphe 2 où U est remplacé par T) et définit une application $\bar{n} : B_T \to B_T$, ou $\bar{n}$ ne dépend que de la classe de n modulo T. Autrement dit Φ opère sur B_T par $\bar{n}$.

D'autre part, l'application $T \to T$ définie par $t \to ntn^{-1} (n \in N)$ induit une application unique $\underline{n} : \overline{W}(T) \to \overline{W}(T)$ où $\underline{n}$ ne dépend que de la classe de n dans Φ.

Proposition 4 : $\underline{n} \circ \bar{j}$ et $\bar{j} \circ \bar{n}$ sont C. S. S. homotopes.

On se ramène encore une fois au lemme 1.

En passant à la cohomologie, on en déduit que lorsque G est sans p-torsion, l'image de $H^\star(\overline{W}(G), Z_p)$ par $k^\star$ est composée des invariants de $H^\star(\overline{W}(T), Z_p)$ par Φ où Φ opère par l'intermédiaire de $\underline{n}^\star$ puisque dans ce cas, l'image de $H^\star(B_G, Z_p)$ par $\rho^\star$ est formée des invariants de $H^\star(B_T, Z_p)$ par Φ, Φ opérant par $\bar{n}^\star$.

On peut en particulier donner dans ce contexte une interprétation des classes de Chern et de Pontrjagin d'un fibré dont le groupe est $U(n)$ ou $O(n)$.

(*) Séance du 7 juillet 1958.

(1) *Séminaire H. Cartan*, 7e année, 1954-1955, exposé 3, théorème A.

(2) A. Borel, *Cohomologie des espaces fibrés.*

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Sur le calcul rhéographique et numérique des fonctions harmoniques définies dans tout l'espace.* Note (*) de M. **René Duquenne**, transmise par M. Maurice Roy.

Parmi différentes méthodes destinées à généraliser à l'espace l'emploi de l'inversion pour représenter sur deux domaines limités une fonction harmonique définie dans tout le plan, nous utilisons l'inversion de Kelvin. Le changement de fonction introduit une discontinuité dont la représentation analogique est très simple dans un cas particulier.

1. Différents laboratoires ont utilisé l'inversion dans le plan pour représenter des fonctions de transfert ([1]) ou des écoulements de fluide incompressible ([2]). L'extérieur II d'un domaine I est transformé par inversion sur un domaine I'. Aux points correspondants (M, M') des frontières de I et I', la fonction harmonique φ prend les mêmes valeurs, ainsi que le flux. En identifiant φ à la répartition d'un potentiel électrique sur deux conducteurs plans, homogènes, de même résistivité, ayant la forme de I et I', il est immédiat que les potentiels sur des électrodes (E, E') centrées respectivement sur (M, M') sont égaux, et que les intensités entrant dans (E, E') sont égales et de signe contraire.

Il suffit de connecter directement les groupes (E, E') pour que l'ensemble I + I' simule un conducteur indéfini. Dans les modèles rhéologiques (cuves ou feuilles de papier conducteur, à l'exclusion des réseaux) il est possible de représenter des singularités dans les domaines I et I'. En particulier, un champ linéaire à l'infini peut être obtenu en matérialisant un doublet au point O' de I' correspondant au point à l'infini de II. Dans ce cas, la singularité ne peut avoir une dimension infiniment petite, et l'ensemble I + I' représente une cuve finie, mais qui peut être très grande par rapport à la zone de perturbation.

2. Malgré les dimensions des « cuves profondes » employées au laboratoire d'analogies électriques de l'O.N.E.R.A. ($2 \times 1 \times 0,8$ m), certaines études locales nécessitent des maquettes relativement grandes, qui font intervenir des erreurs dues aux parois, et dont l'évaluation même est difficile. Il était donc intéressant de généraliser à l'espace les résultats obtenus dans le cas du plan.

Une difficulté mathématique complique cette réalisation : la transformée φ' par inversion d'une fonction harmonique φ n'est plus harmonique. Il est théoriquement possible de prolonger directement la cuve par un réseau de résistances avec changements de maillage, ou de réaliser, si l'on emploie l'inversion, un conducteur spécial représentant l'équation aux dérivées partielles transformée.

Une solution moins immédiate, mais plus homogène, est donnée par l'emploi d'un théorème de Lord Kelvin [*voir* par exemple ([3])].

La fonction $\Phi = \varphi'/r'$ (r', distance à O') est harmonique dans I'. Les dérivées normales en M et M' sont liées par

$$\frac{d\Phi}{dn} = A\frac{d\varphi}{dn} + B\Phi,$$

où A et B sont des constantes locales.

Dans le cas général, les deux relations linéaires précédentes peuvent être réalisées par des amplificateurs opérationnels, ou par approximations successives.

3. Dans le cas d'une coupure sphérique, r' est constant. On peut choisir les constantes d'analogie pour que les potentiels représentant φ et Φ soient égaux en (M, M'), et les résistivités pour que $A = -1$. Le montage devient très simple :

on connecte les groupes (E, E′), et l'on dérive l'intensité BΦ, due au changement de fonction, par des résistances R = 1/B reliées à la masse (*fig.* 1). Des expériences de contrôle ont été faites dans le cas particulièrement difficile d'un doublet en O′, représentant un champ linéaire perturbé par une sphère placée en I ([4]).

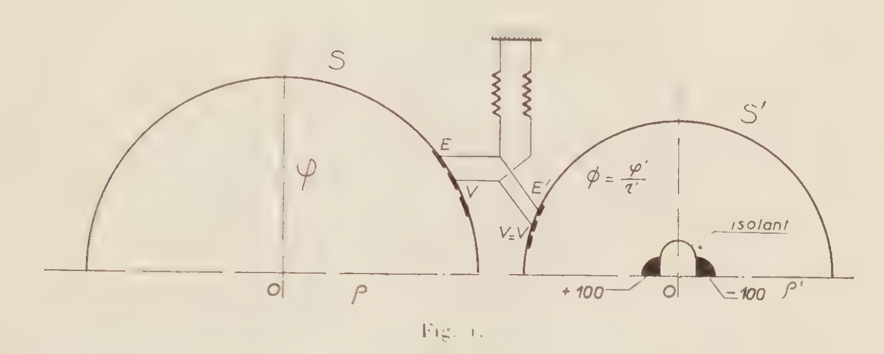


Fig. 1.

Avant d'envisager la construction des cuves sphériques, nous avons étudié des écoulements de révolution dans des cuves inclinées (*fig.* 2). La faible hauteur d'eau au voisinage de l'axe constituait une difficulté expérimentale supplémentaire.



Fig. 2.

Les expériences ont cependant donné un résultat très satisfaisant (*fig.* 3) ce qui justifie les extensions possibles de la méthode.

4. L'emploi de l'inversion à deux ou trois dimensions est susceptible, en dehors de l'analogie, d'une utilisation dans les calculs par différences finies dans des domaines très grands par rapport aux mailles (ou infinis) : l'inversion correspond à un agrandissement régulier des mailles, qui peut être plus intéressant que des changements arbitraires.

La discontinuité des dérivées normales, à trois dimensions, ne cause pas de difficulté. Par contre, l'introduction des singularités ramenées à distance finie

est impossible en toute rigueur, dans ce type de calcul, comme dans l'analogie des réseaux.

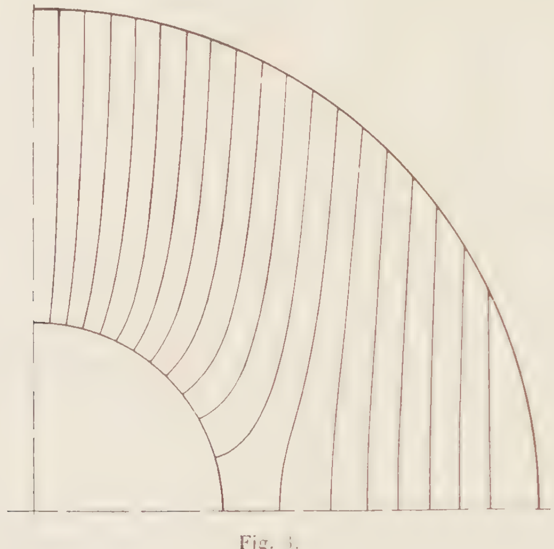


Fig. 5.

5. En introduisant des résistances à la masse dans le cas du plan, ou en modifiant les valeurs R dans le cas de l'espace, on crée sur la coupure une discontinuité de la dérivée normale de la forme

$$\left(\frac{d\varphi}{dn}\right)^{+} - \left(\frac{d\varphi}{dn}\right)^{-} = k\varphi$$

qui pourrait intervenir dans certains problèmes particuliers de repartition. La même généralisation est possible pour l'application proposée du calcul par différences finies.

(*) Séance du 16 juillet 1958.

([1]) A. R. Boothroyd, E. C. Cherry, R. Makar, *Proc. Inst. Electr. Engrs*, 95, mai 1949, p. 163-167.

([2]) L. Malavard, *Actes des J. I. C. A.*, Bruxelles, 1956.

([3]) J. Pérès, *Cours de mécanique des fluides*.

([4]) R. Duquenne et J. Boisseau, *Inversion des fonctions harmoniques de trois variables*. (*N. T. intérieure O. N. E. R. A.*, non publiée); R. Duquenne, Conférence prévue aux J. I. C. A. de Strasbourg, septembre 1958.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les houles planes en profondeur finie.*

Note (*) de M. **René Gouyon**, présentée par M. Henri Villat.

Nous donnons ici l'extension de tous les résultats déjà obtenus [*cf.* ([1]), ([2])] en profondeur infinie.

a. Les notations et les équations sont les mêmes qu'en ([1]) à ceci près que :

1° la condition « $u \to 0$ et $v \to 0$ quand $\psi \to +\infty$ » est remplacée par la suivante : sur la ligne de fond $\psi = \psi_0$ on a $v = 0$ et u est nul en moyenne (nous adoptons par là, la définition de la célérité qui se révélera la plus commode pour la suite); la constante ψ_0 est d'ailleurs liée à la profondeur H au repos par

$$\int_0^{\lambda} d\mathrm{X} \int_0^{\psi_0} \frac{d\psi}{-u(\mathrm{X}, \psi)} = \lambda \mathrm{H}.$$

2° On pose $r = e^{-\mathrm{S}_0}$ avec $\mathrm{S}_0 = (2\pi/c\lambda)\psi_0$, en sorte que le domaine de l'étude définitive est la couronne $r \leqq \rho \leqq 1$; c'est donc sur le fermé $(r, 1)$ qu'on suppose la continuité de Φ' (donc des φ'_n) et l'on pose

$$\varphi_n = \int_r^{\rho} \varphi'_n(\tau)\, d\tau.$$

b. Le calcul formel des solutions est modifié comme suit :

En première approximation, on a

$$u_1 = \varphi_1 + \mathrm{K}_1\left(\frac{\rho^{\mathrm{N}}}{r^{\mathrm{N}}} + \frac{r^{\mathrm{N}}}{\rho^{\mathrm{N}}}\right)\cos \mathrm{N}\theta, \qquad v_1 = -\mathrm{K}_1\left(\frac{\rho^{\mathrm{N}}}{r^{\mathrm{N}}} - \frac{r^{\mathrm{N}}}{\rho^{\mathrm{N}}}\right)\sin \mathrm{N}\theta, \qquad p_0 = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{th}\, \mathrm{S}_0},$$

avec $\mathrm{K}_1 = \mathrm{Cte} \neq 0$, N entier > 0. Et l'on voit comme en ([1]) qu'il faut faire $\mathrm{N} = 1$, sous peine d'introduire une période réduite λ/N.

D'autre part, par un changement de paramètre, on peut imposer $\mathrm{K}_1 = 1$ et mettre la solution générale

$$u = \alpha\left[\varphi_1 + \left(\frac{\rho}{r} + \frac{r}{\rho}\right)\cos\theta\right] + \sum_{n=2}^{+\infty} \alpha^n [u_0^n + u_1^n \cos\theta + \ldots + u_n^n \cos n\theta],$$

$$v = -\alpha\left[\frac{\rho}{r} - \frac{r}{\rho}\right]\sin\theta + \sum_{n=2}^{+\infty} \alpha^n [v_1^n \sin\theta + \ldots + v_n^n \sin n\theta]$$

sous la forme suivante : les notations de ([1]) n'étant modifiées que pour

$$\mathrm{I}_m^n = \int_r^{\rho} \frac{\mathrm{P}_m^n(\tau) + \mathrm{Q}_m^n(\tau)}{2} \tau^m\, d\tau, \qquad \mathrm{J}_m^n = \int_r^{\rho} \frac{\mathrm{P}_m^n(\tau) - \mathrm{Q}_m^n(\tau)}{2\tau^m}\, d\tau,$$

on a

$$u_0^n = \varphi_n(\rho) + \int_r^{\rho} \mathrm{Q}_0^n(\tau)\, d\tau$$

et, pour $m \geqq 1$:

$$u_m^n = \rho^{-m}(\mathrm{I}_m^n + \mathrm{C}_m^n) - \rho^m(\mathrm{J}_m^n + \mathrm{K}_m^n),$$
$$v_m^n = \rho^{-m}(\mathrm{I}_m^n + \mathrm{C}_m^n) + \rho^m(\mathrm{J}_m^n + \mathrm{K}_m^n),$$

avec $\mathrm{C}_m^n = \mathrm{Cte}$ et $\mathrm{K}_m^n = \mathrm{Cte}$. Ces constantes sont définies par $\mathrm{C}_1^n = \mathrm{K}_1^n = 0$ et, pour $m \geqq 2$,

$$r^{-m}\mathrm{C}_m^n = r^m \mathrm{K}_m^n = -\frac{(m + p_0)\,\mathrm{I}_m^n(1) - (m - p_0)\,\mathrm{J}_m^n(1) + r_m^n}{(m + p_0)\, r^m + (m - p_0)\, r^{-m}}.$$

Enfin, à partir de

$$p_0 = \frac{1}{\text{th}\, S_0} = \frac{1+r^2}{1-r^2},$$

les p_{n-1} sont successivement définis par

$$r_1^n + (p_0+1)\, I_1^n(1) + (p_0-1)\, J_1^n(1) = 0.$$

Les conclusions qualitatives de (1) subsistent sans changement.

c. Quant aux vérifications de convergence, on utilise les mêmes types de « majorantes fortes » qu'en (2). On fait ici les hypothèses (où $\omega = \text{Cte} > 0$, $C = \text{Cte} > 0$, l'astérisque double désignant les restrictions à $\rho = r$)

$$(\text{II}')\qquad \begin{cases} \text{pour } 1 \leq q < n, & \dfrac{\partial u_q}{\partial \rho} - \varphi'_q < \mu_q, \quad \dfrac{\partial u_q}{\partial \rho} < \mu_q, \quad u_q^{**} < \mu_q; \\ \text{pour } 2 \leq q < n, & v_q^* < \omega\mu_q, \quad |p_{q-1}| < C\mu_q. \end{cases}$$

On en déduit

$$P_n < 5M_n, \qquad Q_n < 7M_n,$$

$$|p_{n-1}| < \frac{rM_n}{1-r^2}\left(13 + \frac{12r}{1-r^2} + 49A + 66A^2 + \omega CK\right),$$

$$R_n^* < 2M_n\left(10 + \frac{6r}{1-r^2} + 49A + 66A^2 + \omega CK\right),$$

d'où

$$\left.\begin{array}{l} \dfrac{\partial u_n}{\partial \rho} - \varphi'_n \\ \dfrac{\partial v_n}{\partial \rho} \\ u^{**} \\ v^* \end{array}\right\} < 2M_n\left[6b_1 + b_2\left(10 + \frac{6r}{1-r^2} + 49A + 66A^2 + \omega CK\right)\right],$$

avec

$$b_1 = \max_{m \geq 2}\left|\frac{5}{2} + \frac{m}{(m+p_0)r^m + (m-p_0)r^{-m}}\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r^m}\right)\frac{m^2 - p_0}{m^2-1}\right|,$$

$$b_2 = \max_{m \geq 2}\frac{m}{(m+p_0)r^m + (m-p_0)r^{-m}}\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r^m}\right).$$

Les majorations (II′) sont donc initialement vérifiées et indéfiniment maintenues sous les conditions :

$$K > \frac{4}{\alpha_0},$$

$$AK > \max\left(\frac{\alpha_0}{\nu}, \frac{14}{r}\right),$$

$$\omega AK^2 > 28V_2 \qquad (V_2, \text{ majorante forte de } v_2^*),$$

$$\frac{Ar}{1-r^2}\left(13 + \frac{12r}{1-r^2} + 49A + 66A^2 + \omega CK\right) < C,$$

$$2A\left[6b_1 + b_2\left(10 + \frac{6r}{1-r^2} + 49A + 66A^2 + \omega CK\right)\right] < \min(1, \omega).$$

On achève comme en ([2]) en vérifiant la compatibilité : comme minorant du rayon (en x) de convergence uniforme des solutions, on trouve cette fois $1/K_0$ tel que

$$K_0 = \min_{0<\varepsilon<\frac{1}{h'}} \max \left[\frac{4}{\alpha_0}, \frac{\nu^2\gamma(\varepsilon)}{(\alpha_0)^2\varepsilon}, \frac{196\gamma(\varepsilon)}{r^2\varepsilon}, 28\,b_2\gamma(\varepsilon) \right],$$

avec

$$a = 2\left[6b_1 + b_2\left(10 + \frac{6r}{1-r^2}\right)\right],$$

$$h = 13 + \frac{12r}{1-r^2} + \frac{49}{a} + \frac{66}{a^2}, \qquad h' = a + 2b_2\left(\frac{49}{a} + \frac{66}{a^2}\right),$$

$$\gamma(\varepsilon) = r\,\frac{1 - h'\varepsilon + 2b_2 h\varepsilon}{(1-r^2)(1-h'\varepsilon)}.$$

(*) Séance du 30 juin 1958.

([1]) R. Gouyon, *Comptes rendus*, **247**, 1958, p. 33.

([2]) R. Gouyon, *Comptes rendus*, **247**, 1958, p. 180.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Effets transitoires et permanents induits dans le polyméthylacrylate de méthyle au contact d'explosifs puissants.* Note (*) de MM. **Jean Dapoigny**, **Jean Kieffer** et **Boris Vodar**, présentée par M. Gustave Ribaud.

On fait détoner des cartouches de penthrite au contact de cylindres de polyméthylacrylate de méthyle. On étudie la propagation de l'onde de choc engendrée et la compressibilité du milieu par la méthode de radiographie ultrarapide, ainsi que les phénomènes de déformation permanente et de fracture induites dans la substance.

Les phénomènes de déformation permanente et de fracture induits dans les substances solides par la détonation d'explosifs puissants ont été très étudiés en raison de leur importance dans divers domaines d'application pratique. Rinehart-Pearson ([1]) et Kolsky ([2]) ont montré que l'explication qualitative, voire quantitative, de ces phénomènes s'obtient en fonction de la géométrie du dispositif expérimental et de la propagation des ondes de compression intenses engendrées dans la substance par l'explosif. Par ailleurs le phénomène de propagation de ces ondes a été étudié pour lui-même en raison de l'intérêt qu'il présente pour la connaissance de la compressibilité des substances sous des pressions difficilement accessibles aux méthodes statiques.

Nous avons tenté d'obtenir une vue d'ensemble de ces deux groupes de phénomènes et nous donnons ci-dessous une brève description des résultats obtenus.

Pour étudier la propagation de l'onde, nous avons utilisé la méthode

bien connue de la radiographie ultrarapide synchronisée avec l'explosion ([3]). Une étude systématique des fragments d'échantillons recueillis après chaque expérience nous a donné les renseignements sur les effets permanents induits dans la substance.

Les mesures de densité ont été possibles sur une distance d'environ 25 mm, et ces valeurs jointes à celles de la célérité de l'onde nous ont permis de tracer l'adiabatique d'Hugoniot du polyméthylacrylate de méthyle jusqu'à 100 000 kg/cm². En comparant cette courbe à celle obtenue précédemment par une méthode quelque peu différente ([4]), nous avons pu vérifier la concordance de nos résultats dans les limites des erreurs expérimentales (*fig.* 1).

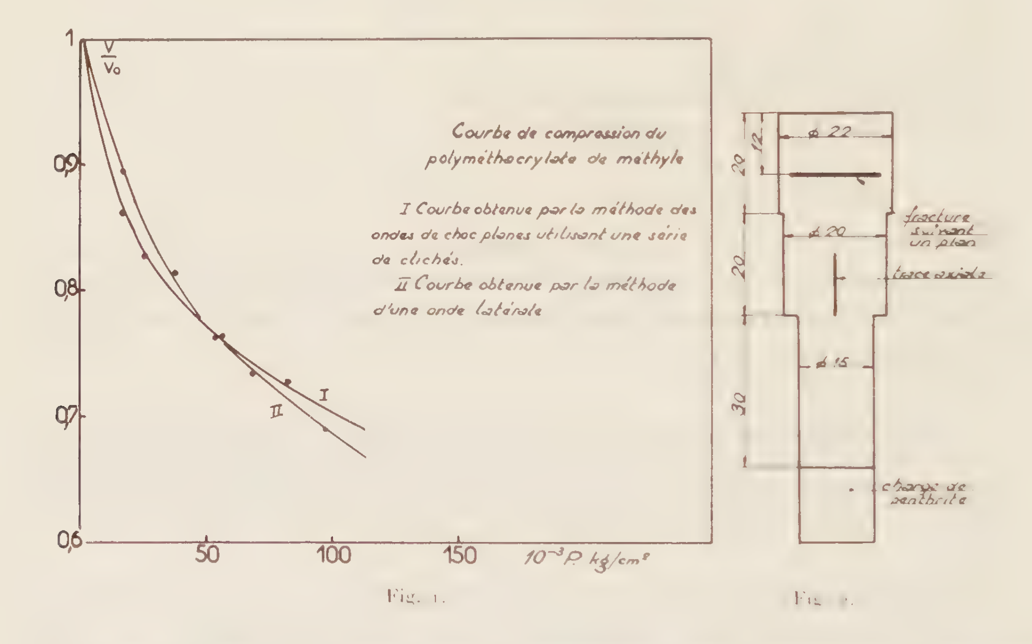


Fig. 1. Fig. 2.

Les figures 2 et 3 représentent la disposition des échantillons utilisés dans ces expériences et indique en même temps la nature des déformations et fractures qui ont été observées. Après chaque explosion les échantillons étaient sectionnés à la hauteur des changements de diamètre, ce qui semble indiquer que l'usinage au tour induit des faiblesses dans les sections correspondantes. Les cylindres de 15 mm de diamètre n'ont jamais pu être récupérés. Cela prouve que sur toute la longueur de ces cylindres (30 mm) les forces radiales, induites dans la matière au passage de l'onde, restent assez puissantes pour vaincre la cohésion et conduire à la pulvérisation complète de la matière. Au-delà de 30 mm de parcours celle-ci conserve sa cohésion, mais des fractures localisées apparaissent.

Deux types de fractures ont été mis en évidence. Le premier, qui apparaît dans les cylindres de diamètre intermédiaire à 20 mm, se trouve sur

l'axe. Ce type de fracture est expliqué par Kolsky de la manière suivante : une onde de compression divergente, réfléchie sur la paroi latérale, est transformée en onde de tension convergente; sur l'axe la limite élastique

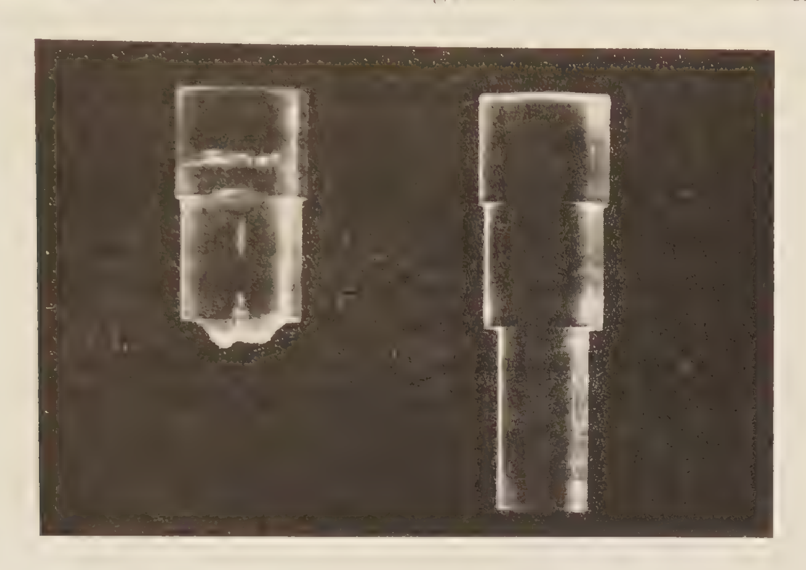


Fig. 3. — *A gauche*, cylindre après l'explosion; *à droite*, cylindre avant l'explosion.

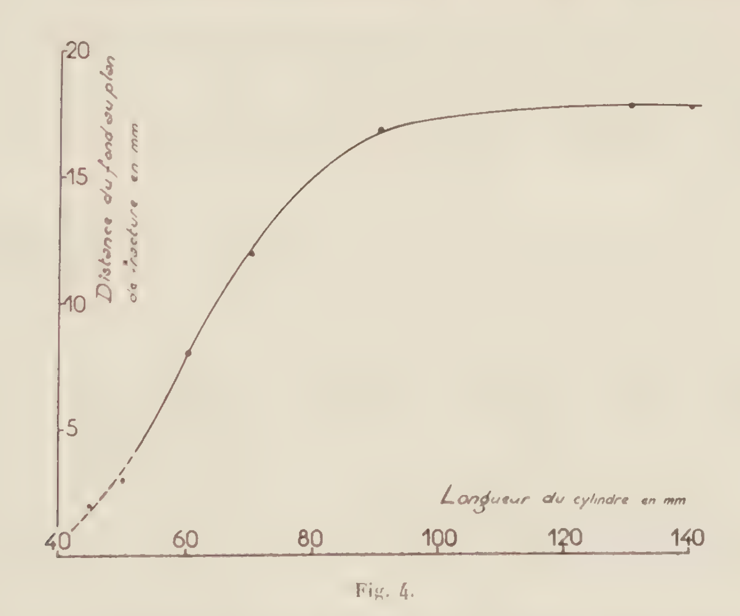


Fig. 4.

en traction est dépassée et une fracture apparaît. Dans notre cas l'onde divergente serait produite par le passage brusque de l'onde plane incidente du tube de diamètre 15 mm dans le cylindre de diamètre 20 mm.

Le second type de fracture apparaît dans les cylindres de plus grand diamètre (22 mm). Il est perpendiculaire à l'axe du tube et est caractéris-

tique du phénomène décrit par Rinehart sous le nom de « scabbing ». Une telle fracture est la conséquence de la réflexion de l'onde de compression incidente sur le fond du cylindre, celle-ci se transformant en onde de tension. Une fracture apparaît lorsque la superposition de cette onde et de la zone de décompression de l'onde incidente vient à dépasser la limite élastique en traction. Nous avons pu observer de telles fractures pour des trajets de l'onde initiale ne dépassant pas 130 mm. D'où nous pouvons conclure que ce n'est qu'au-delà de 130 mm que l'amortissement fait tomber l'intensité de l'onde au-dessous de la limite élastique.

Nous avons mesuré systématiquement la distance séparant le plan de fracture du fond du tube en fonction de la longueur de ce dernier et nous avons obtenu lés résultats représentés sur la figure 4.

On voit que cette distance augmente très rapidement avec le trajet de l'onde initiale, pour tendre vers une valeur-limite après un trajet de 90 mm. A ce moment l'onde n'est plus très loin du seuil élastique, elle se propage sans amortissement notable et le phénomène de réflexion tend à devenir indépendant de la longueur du cylindre. A partir de 130 mm l'onde est purement élastique.

(*) Séance du 16 juillet 1958.

(1) J. S. Rinehart et J. Pearson, *The American Society for metals*, Cleveland Ohio, 1954.

(2) H. Kolsky et A. C. Shearman, *Research*, 2, 1949, p. 384.

(3) R. Schall, *Z. ang. Phys.*, 2, n° 6, 1950, p. 252.

(4) J. Dapoigny, J. Kieffer et B. Vodar, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 1502.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Sur l'emploi des revêtements photoextensométriques dans la surveillance des matériaux en service.* Note (*) de M. **Jean Sapaly**, transmise par M. Joseph Pérès.

La méthode des revêtements photoextensométriques a été appliquée jusqu'à présent à l'étude des déformations élastiques lentes ou rapides et des déformations plastiques se produisant à la température ambiante.

Nous nous sommes proposé d'étendre la méthode à la surveillance des pièces susceptibles de subir des déformations plastiques en cours de service et ceci dans un intervalle étendu de températures.

Or, si les résines éthoxyliques classiquement utilisées en revêtement (vernis ou plaquettes collées) présentent une adhérence parfaite sur les métaux entre + 5 et + 75° C, elles se décollent de leur support ou se craquellent dès que la température descend au-dessous de 0° C.

Nous avons réussi, en leur ajoutant environ le tiers de leur masse d'un polysulfure organique, à obtenir un revêtement adhérant parfaitement aux

métaux (aciers et alliages légers) dans l'intervalle de — 35 à + 70° C, de constante optique atteignant 140 brewsters, de module d'Young 54 kgf/mm²

Les essais d'adhérence ont porté sur des éprouvettes d'acier et de duralumin vernies sur une face, l'épaisseur du vernis variant de 0,5 à 1,5 mm, ou revêtues de plaquettes préfabriquées de 3 mm d'épaisseur environ, collées à l'aide de la même préparation.

Les éprouvettes ainsi préparées ont subi les essais statiques suivants :

1° 72 h à — 35° C avec retour brusque à la température ambiante;

2° 72 h à + 70° C avec retour brusque à la température ambiante;

3° 72 h en chambre chaude humide, la température variant de 25 à 40° C et le degré hygrométrique de 60 à 100.

Pour les essais dynamiques dans le domaine élastique, les éprouvettes ont été mises en flexion alternée, la fréquence des vibrations étant de l'ordre de 80 Hz, la tension maximale dans le métal atteignant 30 kgf/mm²; les essais ont été les suivants :

1° 30 millions de cycles à — 35° C;

2° 30 millions de cycles à + 70° C.

Après ces essais, le retour aux conditions initiales nous a permis de constater une excellente adhérence des revêtements et le retour de ces derniers à l'isotropie.

Nous avons enfin constaté qu'après déformation plastique aux températures extrêmes envisagées et retour à température ambiante, le revêtement adhère encore de façon satisfaisante et témoigne des déformations permanentes subies par la pièce sous-jacente.

(*) Séance du 16 juillet 1958.

THERMODYNAMIQUE. — *Détermination des chaleurs de fusion des halogénures d'argent par la méthode cryométrique à haute température.* Note (*) de Mme **Madeleine Blanc**, présentée par M. Eugène Darmois.

Le but du présent travail fut d'établir par la méthode, à notre sens la plus précise, de la cryométrie à haute température, les chaleurs de fusion des halogénures d'argent.

D'un point de vue théorique, il pouvait être intéressant d'effectuer un parallélisme entre les données énergétiques des halogénures des métaux alcalins d'une part, et d'argent d'autre part. En effet, le nitrate d'argent (1) et les nitrates alcalins (2) semblent vérifier le critère entropique (2). Nous pouvions penser qu'il en serait de même pour les halogénures, d'autant plus que ceux-ci présentent entre eux une analogie de structure cristalline.

D'un point de vue plus technique, nous avions remarqué les désaccords entre les valeurs précédemment obtenues par différents auteurs.

	T_f(°K).	L_f(cal/mole).	Auteurs.
ClAg	728	4 450	*Handbook of Chemistry and Physics* ([4])
	730	3 155	Moeller, Sconfeld ([5])
	728	3 043	Kobayashi ([6])
BrAg	703	2 350	Pobolitzin ([7])

Devant cette incertitude quant à la valeur exacte des chaleurs de fusion, incertitude nous empêchant toute possibilité d'élaborer ultérieurement une théorie valable fondée sur une systématique précise, il nous a paru nécessaire de les évaluer grâce à la technique de la cryométrie à haute température.

Nous ne pouvons étudier que le chlorure et le bromure d'argent, le fluorure et l'iodure possédant une instabilité thermique révélée par la variabilité de leur point de fusion.

Dans chaque sel nous avons étudié deux substances dissoutes. Ces substances donnaient aux hautes dilutions où nous opérions, une courbe de Raoult pratiquement horizontale, de telle sorte que l'extrapolation à la limite était aisée; la dépression thermique molaire idéale à molarité finie étant alors, aux erreurs d'expérience près, égale à la dépression thermique molaire limite.

Les résultats obtenus furent les suivants :

	T_f(°K).	Substances dissoutes.	L_f(cal/mol).	$\frac{1}{3}S_f = \nu$
ClAg	725	ClK et ClRb	2 900	1,33
BrAg	691	BrK et Br_2Ba	2 320	1,11

Nous constatons que la valeur de ν est inférieure à 2, valeur qui serait obtenue si lors de la fusion ne se produisait aucune perturbation des diverses énergies des atomes et si les molécules étaient parfaitement dissociées dans le liquide.

Si nous notons que les halogénures alcalins, à liaisons purement ioniques, obéissent au critère, alors, suivant nous, cette faible valeur de ν (traduisant à la fois une perturbation énergétique des vibrateurs lors de la fusion et un regroupement éventuel des particules dans le liquide en molécules entières) est révélateur de la nature plus covalentielle de la liaison chimique unissant l'halogène à l'argent.

(*) Séance du 16 juillet 1958.

([1]) Y. Doucet, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 52.

([2]) Mme Darmois-Sutra, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1027.

([3]) Sokolov et Schmidt, *Anal. Akad. Nauk. S. S. S. R.*, 26, 1955, p. 123.

(4) Cité par *Handbook of Chemistry and Physics.*
(5) MOELLER, SCONFELD, *Trans. A. S. M.*, 43, 1951, p. 39.
(6) KOBAYASHI, *Sc. R. E. P. T.*, Tohoku Imp. Univ., 34, 1950, p. 112.
(7) POBOLITZIN, *J. Russ. Chem. Soc.*, 24, 1932, p. 1.

MAGNÉTISME. — *Le champ magnétique critique du rhénium jusqu'à 0,3°K.* Note (*) de MM. **Jacques Doulat, Bruce Bailey Goodman, Albert Lacaze, Michel Renard** et **Louis Weil**, transmise par M. Louis Néel.

Le champ magnétique critique, H_c, d'un échantillon de rhénium a été mesuré entre 0,3°K et sa température de transition, $T_c = 1,698$°K. Sur toute la gamme de température H_c était déduit de mesures directes de l'aimantation de l'échantillon en fonction du champ. Les mesures ont donné

$$H_0 = 198 \pm 2 \text{ Oe} \qquad \text{et} \qquad \gamma = 2,35 \pm 0,2 \text{ mJ.mole}^{-1}.\text{deg}^{-2}.$$

Jusqu'à présent, les déterminations du champ critique des supraconducteurs au-dessous de 1° K ont été faites, soit par mesure de la susceptibilité de l'échantillon, dans un faible champ alternatif auxiliaire superposé au champ principal, soit par des mesures balistiques en faisant varier le champ principal. Dans les deux méthodes l'interprétation des mesures est difficile, spécialement si le comportement supraconducteur de l'échantillon n'est pas idéal. Il est préférable de mesurer H_c à partir des courbes d'aimantation en fonction du champ, comme on le fait d'habitude pour des mesures effectuées au-dessus de 1° K. La figure 1 montre le schéma de l'appareil que nous avons mis au point pour mesurer des courbes d'aimantation d'un supraconducteur par la méthode d'extraction de Schoenberg (1), au-dessous de 1° K.

Le refroidissement de l'échantillon de rhénium (A) (2) et la mesure de sa température sont assurés par le cylindre de sel paramagnétique, l'alun de fer méthylammoniacal (B). L'échantillon de rhénium est porté par une tige de cuivre électrolytique recuite (C). Le sel est coulé dans un moule en matière plastique entourant une vingtaine de fils d'argent brasés sur la tige. Le système sel, tige de cuivre et supraconducteur est suspendu par des fils de nylon à une cage de tiges de maillechort (D) conçue pour glisser dans la chambre (E). Les déplacements verticaux de la cage, d'environ 5 cm, sont commandés grâce à un tube de constantan (F), par un levier (G); l'étanchéité est assurée par un tombac. Pour contrecarrer l'apport de chaleur dû au système d'extraction, une spirale (H) de fils d'argent maintient la cage à une température voisine de celle du bain d'hélium. L'échantillon de rhénium se trouve dans un champ magnétique uniforme produit par une bobine extérieure au vase d'hélium. Lorsqu'on extrait l'échantillon d'une des moitiés de la bobine astatique (J)

pour le faire passer dans l'autre on enregistre, sur un galvanomètre relié à (J), une déviation proportionnelle à son moment magnétique. La température du sel est mesurée par la méthode classique en se servant de la bobine d'inductance mutuelle (K). Sel et supraconducteur sont suffisamment éloignés ($\sim$ 20 cm) l'un de l'autre pour que les mesures magnétiques sur chacun soient indépendantes.

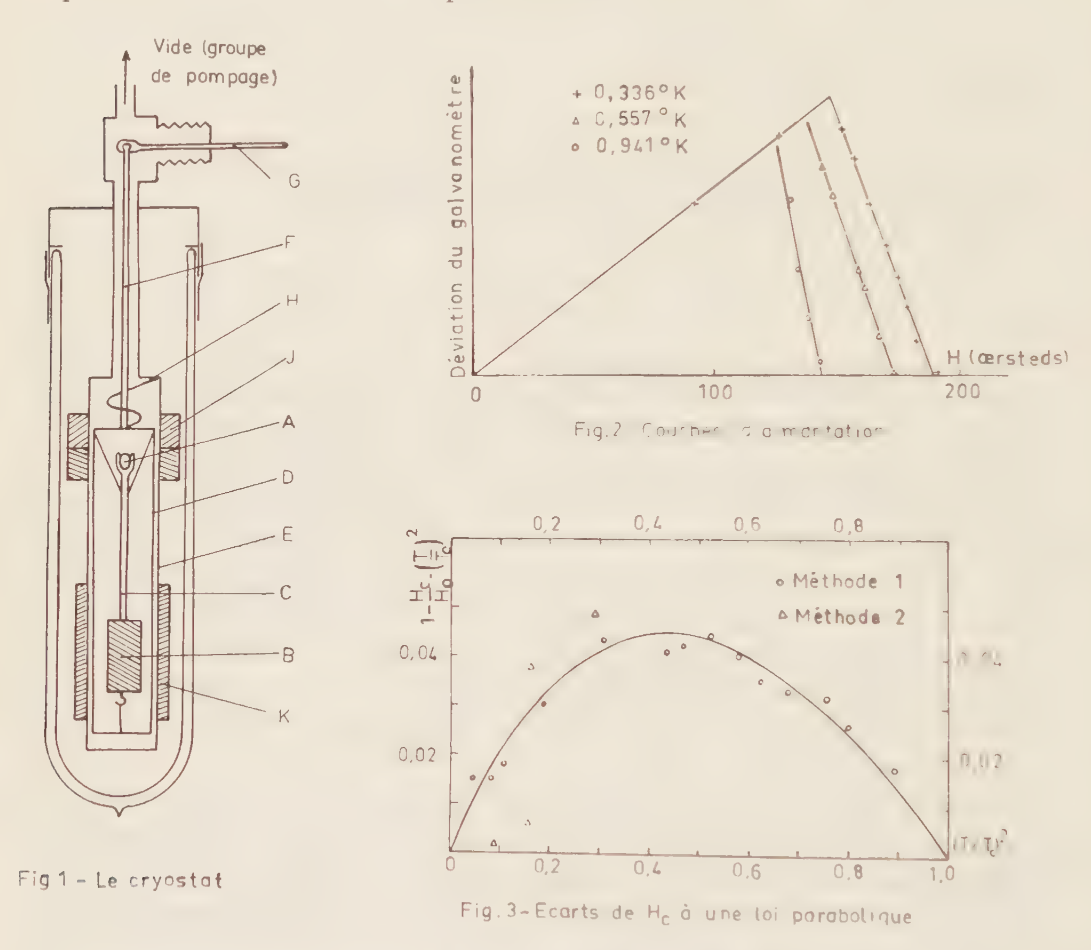


Fig 1 - Le cryostat

Fig. 2 Courbes d'aimantation

Fig. 3 - Ecarts de H_c à une loi parabolique

Pour déterminer les champs critiques, on peut, soit (1) mesurer l'aimantation de l'échantillon pour plusieurs valeurs croissantes du champ, pendant que la température ne varie que peu, soit (2) mesurer l'aimantation à champ constant, en laissant évoluer la température. Des courbes d'aimantation obtenues au-dessous de 1° K par la méthode (1) sont portées figure 2. La partie descendante de chaque courbe a une pente légèrement supérieure à celle correspondant au facteur de désaimantation de l'échantillon ($n = 0{,}26$) à cause de l'échauffement de l'échantillon pendant les mesures. Les températures indiquées sur la figure correspondent au moment où l'aimantation de l'échantillon s'annule. Tandis que les mesures faites

par la méthode (1) nous ont permis d'apprécier H_c à mieux que 1 %, pour celles faites par la méthode (2) la température de disparition de l'aimantation de l'échantillon était relativement mal définie, à cause de son facteur de désaimantation assez élevé. On estime que l'écart de température entre le rhénium et le sel, dû à l'apport de chaleur pendant les mesures, était inférieure à 0,01° K. L'échantillon de sel paramagnétique est un cylindre d'allongement 5 : 1 et non un ellipsoïde, il en résulte une certaine incertitude sur son coefficient de désaimantation. De plus, la relation $T - T^{\star}$ (3) n'est pas connue parfaitement. Au-dessous de 1° K la température du rhénium n'était donc connue qu'à 0,02° K près.

Pour notre échantillon de rhénium, nous avons trouvé :

$$T = 1,698 \pm 0,001^{\circ}\,K$$

et pour le champ critique au zéro absolu,

$$H_0 = 198 \pm 2\ Oe.$$

Nous avons porté figure 3 les écarts relatifs à une loi parabolique entre H_c et T. Le coefficient de la chaleur spécifique dans l'état normal, γ, peut être déduit de la formule

$$\gamma = -\frac{VH_0}{2\pi}\left(\frac{dH_c}{d(T^2)}\right)_{T=0},$$

où V, le volume d'un atome-gramme, vaut 8,84 $cm^3.mole^{-1}$ pour le rhénium à 0° K. Pour γ, on trouve $2,35 \pm 0,2$ $mJ.mole^{-1}.deg^{-2}$, en accord avec la valeur calorimétrique (4), 2,45 $mJ.mole^{-1}.deg^{-2}$.

Notre valeur de T_c est en bon accord avec celle de Hulm et Goodman (5), soit 1,699° K. Par contre, les valeurs de H_c de ces auteurs sont d'environ 4,5 % supérieures aux nôtres, même si leur valeur de H_0, obtenue par une extrapolation de la courbe $H_c - T$ au-dessus de 1° K, est en accord apparent avec la nôtre. On sait cependant que, pour leurs deux meilleurs échantillons, réputés très purs, les valeurs de H_c différaient d'environ 1 %. Notre échantillon a une résistivité résiduelle du même ordre de grandeur ($10^{-3}\,\rho_{273}$) et est également très pur. Il est possible, toutefois, que le champ critique du rhénium soit particulièrement sensible à de très minimes perturbations (impuretés, dislocations) du réseau.

(*) Séance du 16 juillet 1958.

(1) D. SHOENBERG, *The Physical Society*, London, 2, 1947, p. 85.

(2) Cet échantillon, préparé par fusion à l'arc, nous a été prêté par M. Hulm des Laboratoires de recherches de la Compagnie Westinghouse, Pittsburgh, U. S. A.

(3) A. H. COOKE, H. MEYER et W. P. WOLF, *Proc. Roy. Soc.*, A 237, 1956, p. 404.

(4) N. M. WOLCOTT, *Comptes rendus de la Conférence de Physique des Basses Températures*, Paris, 1955, p. 286.

(5) J. K. HULM et B. B. GOODMAN, *Phys. Rev.*, 106, 1957, p. 659.

(*Laboratoire d'Électrostatique et de Physique du Métal, Grenoble.*)

ÉLECTRONIQUE. — *Compensation des fluctuations du courant anodique, dues au chauffage, d'un tube électronique.* Note (*) de MM. **César Curie** et **Yves Descamps**, transmise par M. Charles Camichel.

Les principes usuels de la stabilisation du courant anodique en fonction du courant de chauffage utilisent la variation d'un système, lui-même sensible à celle-ci.

Le dispositif, que les auteurs proposent, met en jeu comme signal de régulation, une tension image des fluctuations du courant de chauffage, ne faisant intervenir que les caractéristiques propres du tube.

Un amplificateur à courant continu n'est un appareil d'utilisation commode que si sa stabilité est compatible avec l'amplitude et la durée de la mesure. Or, si du côté haute tension d'alimentation et vieillissement des tubes, des solutions ont été satisfaisantes, il n'en est pas de même du côté chauffage. La solution du chauffage en courant continu par alimentation basse tension stabilisée ou la compensation par le système Miller sont assez aléatoires ([1]).

Nous avons pensé appliquer au tube amplificateur une compensation directe, dépendante du courant de chauffage. Nous éliminons ainsi la constante de temps thermique du filament ainsi que la résistance non linéaire de ce dernier. Le schéma du dispositif est représenté sur la figure 1.

Un transformateur intensité-tension délivre une tension proportionnelle au courant de chauffage. Un redresseur en pont redresse cette tension qu'on applique sur une des grilles du tube amplificateur avec la polarité convenable. Une augmentation du courant de chauffage entraîne un accroissement du courant anodique et correspond à une élévation de la tension de la grille correspondante. Pour assurer la compensation, il faut donc une diminution de la tension redressée. De ce fait, on connecte le point positif du redresseur à la masse ou à la polarisation de la grille.

Étant donné que nous appliquons à la grille une tension U_g

(1) $$U_g = m v_c \qquad \text{et} \qquad \Delta U_g = m\,\Delta v_c,$$

m étant le rapport de reglage, il s'ensuit pour le tube $\Delta J = s\,\Delta U_g$, s : pente du tube.

Mais d'autre part, $\Delta J = k\,\Delta i$, k étant un coefficient sans dimension dépendant de la cathode du tube et du régime de fonctionnement ([2]), nous en déduisons

(2) $$\Delta i = \frac{s}{k}\,\Delta U_g,$$

Δi et Δv_c sont liés par la relation

(3) $$\Delta v_c = a\,\alpha\,L_1\,\omega\,\Delta i$$

α étant le coefficient d'utilisation du redresseur et L_1 la self du transformateur ramenée au primaire. Ces équations (1) et (3) nous donnent l'équation du

dispositif à la compensation

$$\Delta i = \frac{1}{ma\alpha L_1 \omega} \Delta U_g, \tag{4}$$

d'où la condition de régulation de (2) et (4) :

$$ma\alpha L_1 \omega = \frac{k}{s}. \tag{5}$$

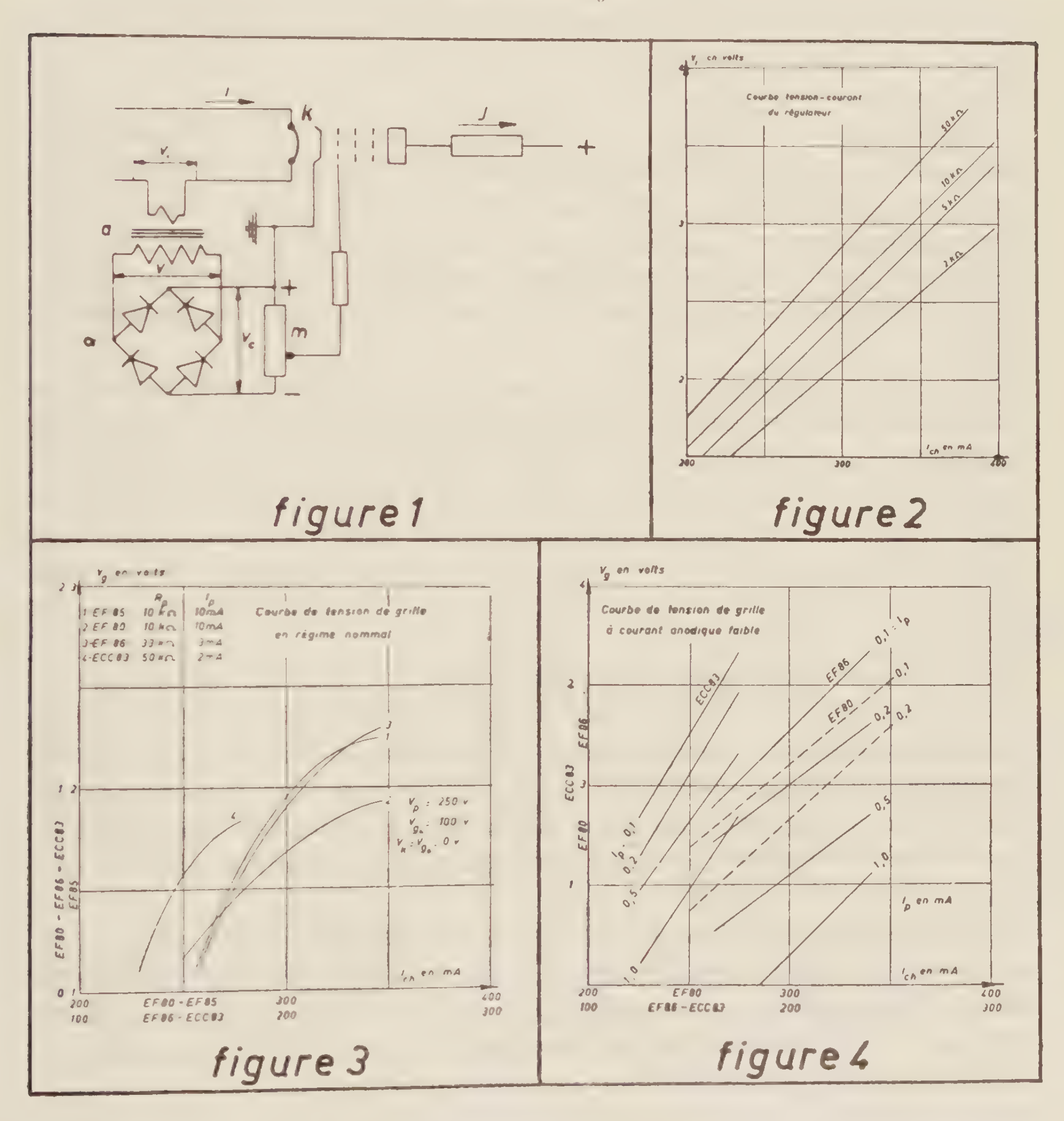


figure 1
figure 2
figure 3
figure 4

La relation établie en (4) nous permet de prévoir la forme de courbe « tension de correction en fonction du courant de chauffage ». Sous certaines conditions, réalisées pratiquement, nous obtiendrons des droites dont la pente dépendra uniquement des valeurs de m et de α, les autres coefficients étant déterminés par construction dans les conditions optima. m est le rapport de

réglage accessible manuellement pour la mise au point; α est déterminé par la valeur du potentiomètre qui charge le redresseur en pont.

Ces conditions, auxquelles nous faisions allusion plus haut, sont les suivantes :

a et α constants, ce qui se produit si l'on bobine le transformateur sur ferroxcube non saturé (on choisit le nombre de spires minimum compatible avec une chute de tension primaire faible et une tension au secondaire de quelques volts) et si l'on prend une valeur du potentiomètre supérieure à 2 kΩ. Nous obtenons les courbes de la figure 2.

La condition de régulation ([5]) nécessite un rapport k/s constant. Or k/s est la transconductance du tube associé à une source fictive en série avec la cathode, source qui représente les variations du chauffage. Donc, $k/s = \Delta U_g / \Delta i$. Ceci impose pour la courbe U_g en fonction de i une droite, dont la pente est égale à celle de la courbe « tension de correction » du régulateur. D'où nous déduisons que les courbes ci-dessus seront superposables quand la compensation est assurée.

Nous avons tracé sur la figure 3 les courbes $U_g = f(i)$ pour différents tubes électroniques courants, à régime de courant anodique nominal. L'allure de ces tracés montre immédiatement que ce type de fonctionnement est incompatible avec un bon fonctionnement du régulateur. Mais si on réduit le courant anodique des tubes en augmentant la résistance de charge anodique, on constate une déformation des courbes précédentes et pour des courants suffisamment faibles (mais très différents suivant le type du tube) les courbes $U_g = f(i)$ sont rectilignes (*fig.* 4).

Nous entrons alors dans un fonctionnement propre aux amplificateurs à courant continu, ce qui nous permet d'adapter le régulateur sur ces appareils.

L'inconvénient de ce compensateur est son absence d'inertie, car si nous avons éliminé la constante de temps du filament, il reste celle de la cathode qui est loin d'être négligeable. D'où une avance du régulateur à la compensation, qui se traduit à l'enregistrement par une impulsion brève amplifiée par le tube associé.

L'amplificateur, équipé du régulateur, étant sans dérive, il faut, pour que la lecture de l'enregistrement soit possible, que celui-ci soit fait à vitesse lente (la durée de l'impulsion est de 20 s environ) et qu'il ne comporte pas lui-même de variations brusques inférieures de ce temps. On peut également utiliser la compensation sur un secteur dont les variations sont lentes, mais de grande amplitude (plus et moins 30 %). La compensation réduit à 1 % de sa valeur la dérive du même tube chauffé directement par le secteur.

(*) Séance du 16 juillet 1958.

([1]) G. A. Korn et T. M. Korn, *Electronic Analog Computers*.

([2]) J. B. Earnshaw, *Heater Voltage Compensation for D. C. Amplifiers*.

SPECTROSCOPIE. — *Interprétation de l'orientation des bandes spectrales émises par un complexe-transitoire dans le champ des forces de dispersion.* Note (*) de Mlle **Rose Aynard**, transmise par M. Jean Cabannes.

En considérant les spectres d'émission ou d'absorption donnés par un complexe-transitoire dans le champ des forces de dispersion et selon les conditions d'état que j'ai mentionnées précédemment (pression inférieure à quelques centimètres de mercure; température maximum au voisinage de la chaleur de vaporisation des corps utilisés) on observe des bandes soit vers le rouge, soit vers le violet (par rapport à la raie de l'atome émetteur seul) dont les orientations ne peuvent être prévues ou explicitées théoriquement de façon absolue. En partant des données de London [1], le déplacement de la bande émise doit avoir lieu vers le rouge (le plus fréquemment) pour les complexes métal gaz inerte et en particulier pour ($Na\,^3S$, $Ar\,^1S$), ($Na\,^3P$, $Ar\,^1S$) [2]. Or aux températures et pressions utilisées, on peut observer que ce complexe donne bien lieu à une bande émise vers le rouge comme sa fonction potentielle d'interaction le laisse prévoir mais, en outre, à une autre bande vers le violet.

On doit donc envisager que les bandes émises (ou absorbées) par un tel complexe (*dans les conditions d'état déjà dites*) peuvent avoir des interprétations théoriques différentes pour celles émises *vers le rouge* et celles émises *vers le violet,* (ou absorbées respectivement) [3].

Étant donné les fonctions d'énergie potentielle

$$E_{0,0} = -\frac{A}{r^6} + \frac{B}{r^{20}} \qquad \text{et} \qquad E_{1,0} = -\frac{A''}{r^6} + \frac{b''}{r^{20}}$$

relatives aux états normaux et excités de ce complexe et établies à partir des données de London-Margenau [1], r étant la distance internucléaire, on peut remarquer que du point $E_{1,0}(\infty) - E_{0,0}(\infty) = \nu_0$ (ν_0 fréquence de l'atome émetteur seul) à la distance d'approche correspondant à l'énergie de dissociation pour chacun des deux états (0,0) et (1,0) du complexe, cet intervalle (où le terme attractif est prépondérant et le terme répulsif négligeable) délimite la bande émise vers le rouge par l'effet des forces de dispersion et conformément aux prévisions théoriques. Pour les interactions entre les deux états du complexe, la limite de cet intervalle est celle de la moyenne, environ, entre les distances d'approche à l'équilibre pour les deux états; soit ici $r = 4$ Å, avec

$$r_{0,0} = 2 + 1,85; \qquad r_{1,0} = 2 + 2,19 \qquad \text{et} \qquad E_{0,0} = -\frac{113,6}{r^6} + \frac{53\,572.10^5}{r^{20}};$$

$$E_{1,0} = -\frac{218,6}{r^6} + \frac{33\,716.10^5}{r^{20}} \quad (\text{eV, Å}).$$

Pour cette valeur de $r = 4$ Å on a effectivement $E_{0,0}(4) = E_{1,0}(4) = 0,023$ eV.

A partir de cette limite les forces répulsives sont de même ordre que les forces attractives jusqu'au point $E_{1,0}(3,84)=0$, qui délimite l'intervalle des interactions entre les deux états du complexe et de la bande émise vers le violet.

Si l'on veut maintenir, par ailleurs, l'hypothèse parfaitement plausible, d'additivité des énergies mises en jeu pour rendre compte de la cohésion des complexes transitoires, même à cette *distance d'approche limite*, il y a lieu de tenir compte, à partir de cette distance, de l'apport d'énergie créé par le choc avec un atome voisin et permettant de maintenir la cohésion du complexe-transitoire.

On peut alors admettre que, de $r=\infty$ à la distance limite (ici $r=4$ Å), les atomes en présence subissent les lois de London-Margenau dues aux forces de dispersion. A partir de cette distance les forces répulsives étant de même grandeur que les forces attractives, le complexe entre dans un état de liaison plus lâche; il est donc plausible de supposer qu'un choc avec un atome voisin permet une augmentation de l'énergie du système et lui donne la possibilité d'émettre vers le violet.

Le processus, à partir de cette distance limite, correspond donc à une probabilité optimum d'énergie fournie par choc triple plutôt que par choc double. Précisément, pour $r=4$ Å, les deux atomes d'argon atteignent leur position d'équilibre stable.

On peut donc supposer qu'à partir de cette distance, la réaction s'effectue selon le schéma suivant :

$$(Na\,{}^3P,\ Ar\,{}^1S) + E_{tr}(Ar\,{}^1S) \rightarrow (Na\,{}^3S,\ Ar\,{}^1S) + h(\nu_1-\nu_0),$$

si les ordres de grandeur énergétiques sont compatibles.

A la température de 500° K où j'ai effectué l'expérience, l'énergie de translation de l'atome de choc est : $E_{tr}=(1/2)KT=0,022$ eV. Or à la distance $r=4$ Å l'énergie requise pour l'excitation du complexe est de 0,023 eV. Ces énergies paraissent donc compatibles. Toutefois il est probable que le complexe utilise une partie de l'énergie due au choc pour entrer en rotation en prenant un mouvement de précession, par exemple, autour de la direction du champ créé par l'approche de l'atome perturbateur.

Il y a donc lieu d'établir le bilan énergétique de la réaction en tenant compte, d'une part, de la population atomique, c'est-à-dire de la distribution thermique des niveaux de rotation du complexe dans l'état considéré et, d'autre part, de la présence du champ extérieur.

Pour une distribution thermique donnée, le nombre quantique

$$J_{max}=\sqrt{\frac{KT}{2Bhc}}-\frac{1}{2}.$$

En tenant compte des forces centrifuges, on a pour l'énergie de rotation du complexe : $\delta\nu=B[J_m(J_m+1)-\Omega^2]$. J est la résultante du moment électro-

nique angulaire Ω et du moment de rotation nucléaire (négligeable). On calcule B en partant de la fréquence de rotation d'un rotator rigide $B = h/8\pi^2 Ic$, avec I moment d'inertie $= 36,99 . 10^{-39}$, on a $B = 0,15 \text{ cm}^{-1}$.

Avec $J_m = \Omega$,

$$\Delta\nu = BJ_m = 5,09 \text{ cm}^{-1} = 0,6 . 10^{-3} \text{ eV}.$$

Pour calculer l'énergie de vibration on peut se limiter au premier terme : $E_v = \nu[v + (1/2)] - \ldots$. On détermine ν à partir de l'oscillateur harmonique au voisinage de l'équilibre ($r_{00} = 3,85$). On obtient $\nu/c = 0,47 \text{ cm}^{-1}$ et pour le terme de vibration $E_v = 0,70 \text{ cm}^{-1} = 0,8 . 10^{-4}$ eV. On voit que l'énergie de vibration est de second ordre par rapport à l'énergie de rotation comme on l'avait prévu. Au total : $E_r + E_v = 0,7 . 10^{-3}$ eV.

On a donc pour le bilan énergétique entre l'énergie fournie E_F au système lui permettant de rayonner et l'énergie reçue par lui pour entrer en rotation-vibration, compte tenu du champ extérieur :

$$\Delta\nu = E_F - (E_r + E_v) = 0,022 - 0,0007 = 0,0213 \text{ eV}.$$

La différence d'énergie requise pour qu'il y ait résonance quantique est donc :

$$\Delta E_1 = 0,023 - 0,0213 = 0,0017 \text{ eV}.$$

Cette énergie peut être fournie par le passage de Na $^3P^{1/2}$ à Na $^3P^{3/2}$ par suite du choc triple et retour au niveau normal soit $\Delta E_2 = 0,0021$ eV; ce qui permet une résonance quantique à 4/1000e près par excès pour $r = 3,84$ Å et à 1/1000e près par défaut pour $r = 4$ Å. Une telle bande correspond à 64 Å. C'est précisément la limite (côté grands λ) de la bande vers le violet mesurée sur le cliché.

En résumé, l'effet des forces de dispersion de London est bien responsable de la bande émise vers le rouge par ces sortes de complexes-transitoires et tel qu'on peut s'y attendre théoriquement mais jusqu'à une certaine *distance d'approche moyenne limite* entre les deux états du complexe envisagé. L'énergie due au choc triple de celui-ci avec un atome perturbateur voisin à partir de cette distance est alors responsable de l'énergie supplémentaire fournie vers le violet, compte tenu du moment angulaire orbital du complexe à partir de cette limite.

(*) Séance du 16 juillet 1958.

(1) Rose AYNARD, *Recherches sur le complexe-transitoire dans les processus de choc en atomistique* (*Thèse*, Masson, Paris, 1956).

(2) R. AYNARD, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 1608.

(3) R. AYNARD, étude plus détaillée à paraître (*Phys. Review*).

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Évolution des mélanges deutérium-tritium.* Note de MM. **Georges Boulègue**, **Paul Chanson**, **René Combe**, **Marc Feix** et **Pierre Strasman**, présentée par M. Louis de Broglie.

On donne, compte tenu des réactions secondaires et du rayonnement, l'énergie totale dégagée, en fonction des concentrations et de la température initiales. Pour le deutérium pur, la formation de tritium par réaction DD_n limite à 28 keV les températures nécessaires; l'addition d'une petite quantité de tritium les réduit beaucoup.

Nous nous proposons d'étudier l'évolution d'un mélange DT porté initialement à une température T_0. En particulier nous examinerons la variation de l'énergie dégagée en fonction de T_0 et de la concentration en tritium. Les hypothèses de calcul sont les suivantes :

1° La répartition de vitesse des noyaux et des électrons est maxwellienne, correspondant à une température unique du milieu;

2° Par suite des faibles densités des plasmas thermonucléaires, le milieu est transparent aux neutrons, qui emportent avec eux une partie de l'énergie de réaction sous forme d'énergie cinétique;

3° Il n'y a pas équilibre radiatif. Le rayonnement de freinage des électrons dans le champ des noyaux fait apparaître par unité de volume une puissance rayonnée P_{ray};

4° L'effet de pincement est parfait : aucune particule chargée ne peut s'échapper du plasma;

5° On tient compte des réactions nucléaires [dont Lacombe et al. (1) ont signalé l'importance] mettant en jeu les noyaux produits lors d'une première réaction. Celles qu'on prend en considération sont les réactions DD_p, DD_n, DT, $D\,^3He$ et TT. Nous désignerons, dans l'ordre, par α, β, γ, δ, ε les quantités $\langle \sigma v \rangle$ correspondantes, fonctions de T; nous obtenons un système d'équations (1) reliant α, β, ... et x, y, z, u, w, densités respectives des noyaux de D, T, ^{3}He, H, ^{4}He, système que complète le bilan énergétique.

$$(N\dot{k}T) = \frac{2}{3}(P_{th} - P_{ray}),$$

$$N = x + y + z + u + w + N_e,$$

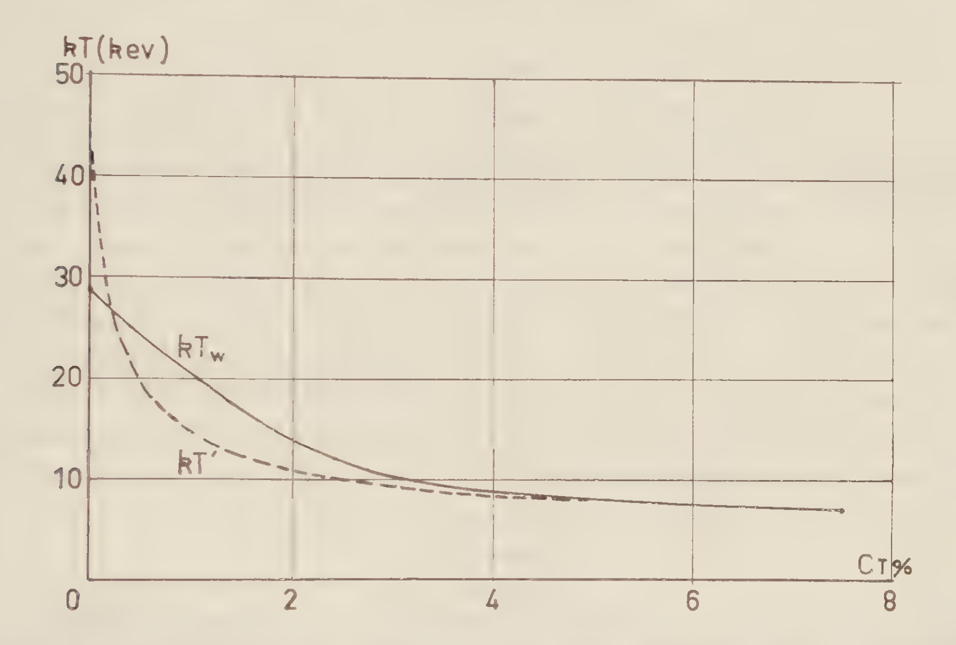
$$P_{th} = (\alpha W_\alpha + \beta W_\beta)\frac{x^2}{2} + \gamma xy W_\gamma + \delta xz W_\delta + \varepsilon y^2 \frac{W_\varepsilon}{2}.$$

La densité électronique N_e reste constante. W_α, W_β, ..., W_ε sont les énergies cédées aux particules chargées (énergies de réaction diminuées de l'énergie emportée par les neutrons). P_{ray} est donnée par les formules classiques (2) en explicitant $Z^2 N_i = x + y + 4z + u + 4w$. Les valeurs des $\langle \sigma v \rangle$ sont celles de W. Thompson (3), sauf pour les réactions DD et DT, avec kT compris entre 10 et 100 keV. Dans ce cas nous avons calculé les $\langle \sigma v \rangle$ par

intégration numérique, à partir des valeurs précises des sections efficaces ([4]) sans essayer de représenter ces dernières par la formule de Gamow. Nos résultats sont donnés par le tableau I.

		10.	15.	20.	30.	40.	60.	80.	100.
kT (keV)									
$\langle \sigma v \rangle . 10^{18}$ ($cm^3.s^{-1}$)	DD_n	0,554	1,359	2,355	4,595	6,954	11,84	16,92	22,21
	DD_p	0,574	1,389	2,386	4,648	7,091	12,20	17,32	22,36
	DT	1,075	2,653	4,265	6,695	8,054	8,962	8,847	8,442

La résolution du système d'équations donne l'évolution du mélange qui, par suite de la consommation des matériaux combustibles et de l'apparition de



déchets inertes accroissant le rayonnement sans donner de réactions thermonucléaires, finit par se refroidir totalement. L'énergie totale dégagée à l'instant t (y compris l'énergie des neutrons qui est donc supposée perdue pour le maintien de la température du plasma, mais récupérable dans le bilan énergétique total) tend vers une limite W pratiquement atteinte dès que kT est inférieur à 3 keV.

On a l'habitude de considérer la température T′ pour laquelle on a, à l'instant initial, $P_{th} > P_{ray}$. L'étude complète montre qu'un plasma de deutérium pur porté à une température inférieure à T′ se refroidit d'abord, mais, du tritium se formant assez rapidement, peut se réchauffer ensuite. Inversement, un milieu relativement riche en tritium ($\simeq$ 1 %) et porté à la température de 15 keV, s'échauffera au début, puis se refroidira sans dégagement appréciable d'énergie, car la température n'aura pas atteint une valeur suffisante pour « enflammer » le deutérium. Nous introduisons une nouvelle température

critique T_W, à laquelle il faut porter initialement le mélange pour que W soit supérieur à une valeur donnée. Le tableau II donne kT_W en fonction de la concentration initiale en tritium C_T (C_T tritons pour $1 - C_T$ deutons) : il a été établi pour la valeur 1 MeV de la quantité W/N_e (énergie moyenne dégagée par noyau du mélange primitif).

Tableau II.

C_T(%)...............	0	0,40	1,07	1,83	2,44	3,08	3,83	5,15	7,50
kT_W(keV)...........	27,7	25	20	15	12	10	9	8	7

A titre de comparaison, signalons que pour $C_T = 0$, on a $kT' = 42,4$ keV. Les courbes représentant kT' et kT_W, en fonction de C_T, se coupent pour $C_T = 0,24$ %, et se confondent au-delà de $C_T = 6$ %. Leurs portions initiales ($C_T < 0,24$ %) correspondent à un mélange dont la concentration en tritium est inférieure à la concentration d'équilibre $\alpha/2\gamma$. La formation de tritium permet donc une remontée de la température et assure un rendement convenable si l'on a $T > T_W$, même avec $T < T'$. Les portions suivantes ($0,24$ % $< C_T < 6$ %) concernent des mélanges qu'il faut chauffer suffisamment pour que la « combustion » du tritium « enflamme » le deutérium. Enfin, pour $C_T > 6$ %, on peut parler d'une véritable température critique : le mélange s'échauffe dès que la puissance thermonucléaire est supérieure à la puissance rayonnée et le tritium est en quantité suffisante pour assurer une combustion quasi totale.

Le tableau III donne les valeurs de W/N_e et de $N_e t$ (t étant le temps nécessaire pour que la température tombe à 1 keV) pour différentes valeurs de C_T et de kT_0.

Tableau III.

	$kT_0 = 15$ keV.				$kT_0 = 20$ keV.			
C_T(%).....................	0.	1,0.	1,5.	1,9.	0.	0,50.	1,00.	1,10.
W/N_e(keV/noyau)......	20,3	170,9	465,8	1353	70,6	237,0	769,3	1151
$N_e t.10^{-15}$(s.cm^{-3})......	5,7	7,6	12,9	21,4	8,6	10,2	17,3	21,5

(1) E. Lacombe, D. Magnac-Valette et P. Cuer, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 744.

(2) R. F. Post, *Rev. Mod. Phys.*, 28, 1956, p. 338,

(3) W. B. Thompson, *Proc. Phys. Soc. London*, B 70, 1957, p. 1.

(4) W. R. Arnold, J. A. Phillips, G. A. Sawyer, E. J. Stovall et J. L. Tuck, *Phys. Rev.*, 93, 1954, p. 483.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Schéma de désintégration de* $^{193}_{76}$Os *par coïncidences rapides* β-γ *et* γ-γ. Note (*) de MM. **Louis Feuvrais** et **Maurice Spighel**, transmise par M. Frédéric Joliot.

L'étude par coïncidences rapides β-γ et γ-γ permet de préciser l'énergie et la vie des niveaux de ^{193}Ir peuplés par désintégration β de $^{193}_{76}$Os. Les niveaux 558, 460, 280 keV ont une vie $T_{1/2} \leq 10^{-9}$ s. La vie du niveau de 73 keV, $T_{1/2} = 6,2.10^{-9}$ s est confirmée. Le niveau de 139 keV a une vie $T_{1/2} = (1,05 \pm 0,25).10^{-9}$ s.

Ce travail est le complement de l'étude faite par l'un de nous ([1]) sur ^{193}Os à l'aide d'un spectromètre β et de coïncidences lentes β-γ et γ-γ. L'installation de coïncidences rapides β-γ et γ-γ que nous utilisons a été mise au point par l'un de nous ([2]) pour l'étude de corrélations angulaires. Elle est du type rapide-lent et permet des taux de comptage élevés grâce aux portes ([3]) linéaires étroites placées à l'entrée des chaînes lentes. Ces portes ne s'ouvrent que

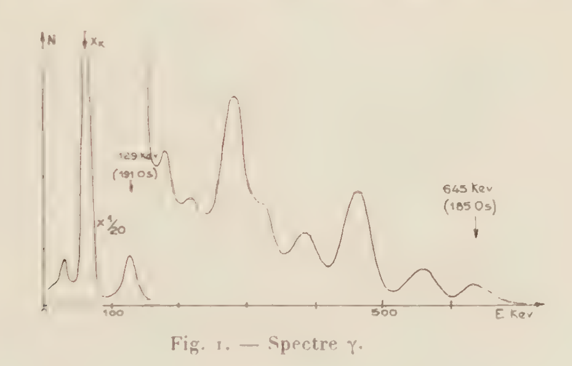


Fig. 1. — Spectre γ.

pendant un temps $\leq 3.10^{-7}$ s, grâce à l'utilisation de sélecteurs d'amplitude à durée d'analyse fixe ([4]). Les taux de comptage pouvant aller jusqu'à 2.10^{5} coups/s ne sont limités que par les phénomènes d'empilement dans les cristaux de INa pouvant masquer les raies trop faibles. L'installation est adaptée aux études de corrélation angulaire ou de faibles embranchements que nous rencontrons particulièrement dans le cas traité ici (*fig.* 3). Ces études entraînent une grande réduction du nombre de coïncidences observables. Des taux initiaux de comptage élevés permettent, malgré cette réduction, d'obtenir une statistique acceptable pour les spectres de coïncidence, tout en évitant une surcharge des chaînes lentes.

Les sources sont constituées par une suspension de poudre d'osmium métallique naturel irradiée pendant une semaine à P2; ^{193}Os (30 h) se trouve ainsi en présence de ^{191}Os (15 j) et de ^{185}Os (94 j). Le spectre γ est indiqué sur la figure 1.

1. *Coïncidences* β-γ. — Les courbes de coïncidences retardées des γ de 558,

460, 387, 280, 180 keV avec les composantes β correspondantes donnent pour tous ces niveaux éventuels une vie $T_{1/2} \leq 10^{-9}$ s.

2. *Coïncidences* γ *de* 139-321 keV; *vie du niveau de* 139 keV. — *a*. En comptage simple, la raie de 139 keV est masquée par celle du 129 keV plus intense provenant de ^{191}Os. Ce dernier n'est en coïncidence avec aucun autre γ plus énergique (1). Le spectre en coïncidence avec cette bande d'énergie présente un maximum accentué dans la région des 321 keV (5) (*fig.* 2*b*);

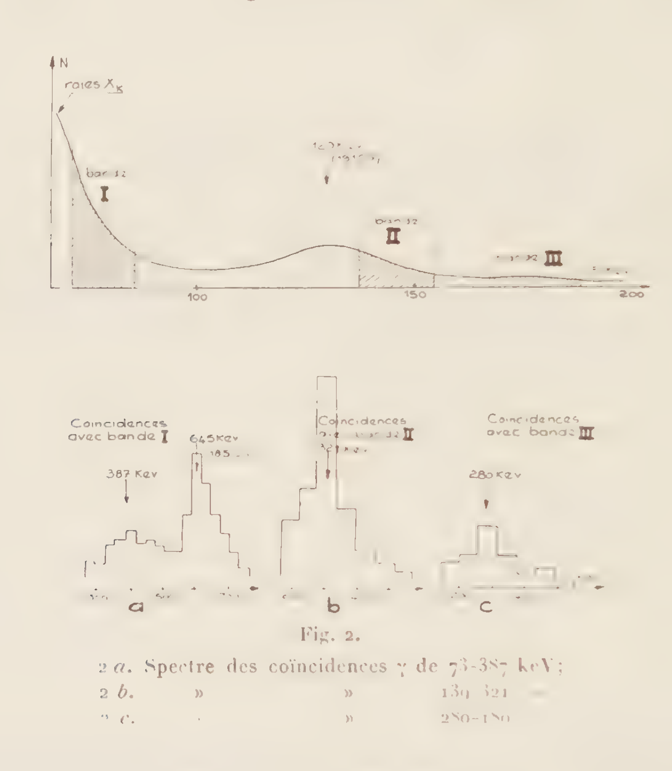


Fig. 2.

2 *a*. Spectre des coïncidences γ de 73-387 keV;
2 *b*. » » 139-321 —
2 *c*. » » 280-180

b. Les coïncidences retardées γ de 139-321 keV donnent pour le niveau de 139 keV une vie $T_{1/2} = (1,05 \pm 0,25).10^{-9}$ s, en prenant la moyenne des périodes trouvées par la pente de la courbe et par le déplacement des centroïdes. γ de 139 keV succède donc à γ de 321 keV, en accord avec la proportion relative de ces deux rayonnements (1). De plus, étant donnée l'existence de l'enjambement de 460 keV (1), ce γ de 139 keV aboutit au fondamental.

Le travail (6) donnait $T_{1/2} \leq 2.10^{-9}$ s.

3. *Coïncidences de* 73-387 keV; *vie du niveau de* 73 keV. — *a*. Le γ de 73 keV est en coïncidence avec le γ de 387 keV (*fig.* 2*a*). La raie prépondérante qui apparaît sur cet histogramme est celle du 645 keV peuplée par capture K à partir de ^{185}Os.

b. Les coïncidences retardées γ de 73-387 keV donnent pour le niveau 73 keV une vie $T_{1/2} = (5,0 \pm 1,5).10^{-9}$ s.

La mesure antérieure (6) $T_{1/2} = (6,1 \pm 0,2).20^{-9}$ s, déterminée par coïnci-

dences retardées β-électrons de conversion L, 73 keV sélectionnés dans un spectromètre β, est plus précise que la nôtre. γ de 73 keV succède donc à γ de 387 keV, en accord avec la proportion relative de ces deux rayonnements ([1]). L'existence de l'enjambement de 460 keV indique également que γ de 73 keV aboutit au fondamental.

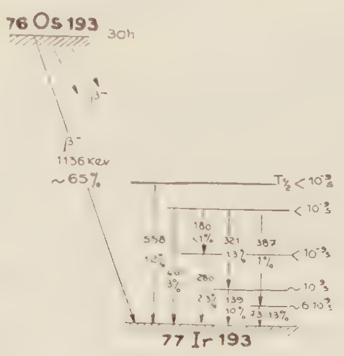


Fig. 3. — Schéma de désintégration de $^{193}_{76}$Os (partiel).

Le travail ([6]) ne signalait aucun γ aboutissant au 73 keV.

4. *Coïncidences* γ *de* 280-180 keV. — *a.* Le γ de 180 keV est en coïncidence avec le γ de 280 keV (*fig.* 2 *c*).

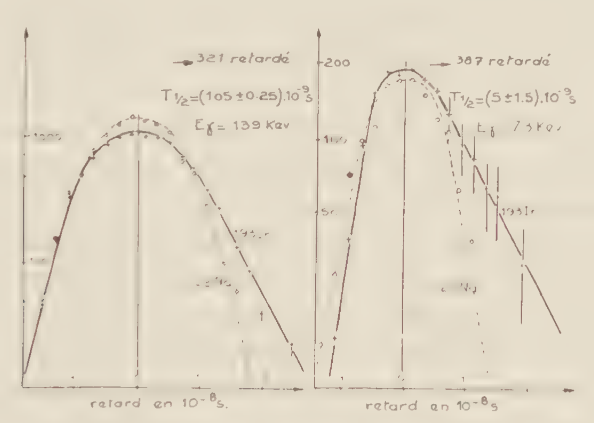


Fig. 4. — Coïncidences retardées 321-139 et 387-73 keV.

b. L'imprécision de nos coïncidences retardées ne nous permet pas de préciser les conclusions tirées des coïncidences β-γ ($T_{1/2}$ pour 280 keV $\leq 10^{-9}$ s).

c. Les intensités relatives de ces deux rayonnements ([1]) indiquent que γ de 280 keV succède à 180 keV. L'existence de l'enjambement de 460 keV fait aboutir le γ de 280 keV au fondamental.

5. *Conclusions.* — *a.* Les niveaux de 558, 460 et 280 keV ont une vie $T_{1/2} \leq 10^{-9}$ s. La vie du niveau de 139 keV est de $T_{1/2} = (1,05 \pm 0,25).10^{-9}$ s.

b. Nous avons établi les coïncidences suivantes, avec l'ordre de succession des rayonnements γ : 321 — 139, 180 — 280 et 387 — 73 keV.

c. Ces vies de niveaux, associées aux coefficients de conversion mesurés dans (1) permettent de préciser la nature des différents rayonnements γ.

d. Le schéma de la figure 3 résume ce travail.

(*) Séance du 7 juillet 1958.

(1) L. Feuvrais, *Thèse* (sous presse).

(2) M. Spighel, *Description, appareillage* (sous presse).

(3) L. Penège, *J. Phys. Rad.* (*Physique appliquée*) (sous presse).

(4) M. Spighel et L. Penège, *J. Phys. Rad.* (*Physique appliquée*), **18**, 1957, p. 19 A.

(5) N'ayant pu disposer de sélecteurs multicanaux, les différents spectres en coïncidences (*fig.* 2) sont faits avec une large bande et prennent l'allure d'histogrammes.

(6) H. de Waard, *Physica*, **20**, 1954, p. 41.

(*Laboratoire de Synthèse atomique, Ivry.*)

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude, par une nouvelle méthode, des réactions entre les protons de* 1 GeV *et les noyaux légers*. Note (*) de MM. **Georges Philbert** et **Léopold Vigneron**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les événements d'interaction entre les protons de 1 GeV et les noyaux légers sont observés dans les émulsions photographiques diluées. Ils sont classés en deux catégories. Les événements de l'une diffèrent de ceux de l'autre au moins par la distribution angulaire des particules émises avec une énergie inférieure à 30 MeV.

L'un de nous (1) a déjà étudié les interactions des protons de 1 GeV avec les noyaux légers : C, N, O, et a donné les sections efficaces des divers modes de réaction.

D'autre part, Mc Keague (2) a procédé, par identification individuelle, à une investigation plus complète d'un certain type d'évènements relatifs aux noyaux légers : ceux pour lesquels une particule « lente », proton de moins de 2,25 MeV ou α de moins de 9 MeV, est émise.

Il nous a semblé souhaitable, en instituant des critères un peu différents, d'étendre les résultats à d'autres types d'événements. Pour augmenter la proportion d'interactions avec des noyaux légers, nous avons utilisé des émulsions diluées G_5 4 $\times$; elles ont été exposées au faisceau de Birmingham par MM. Moon et Lock.

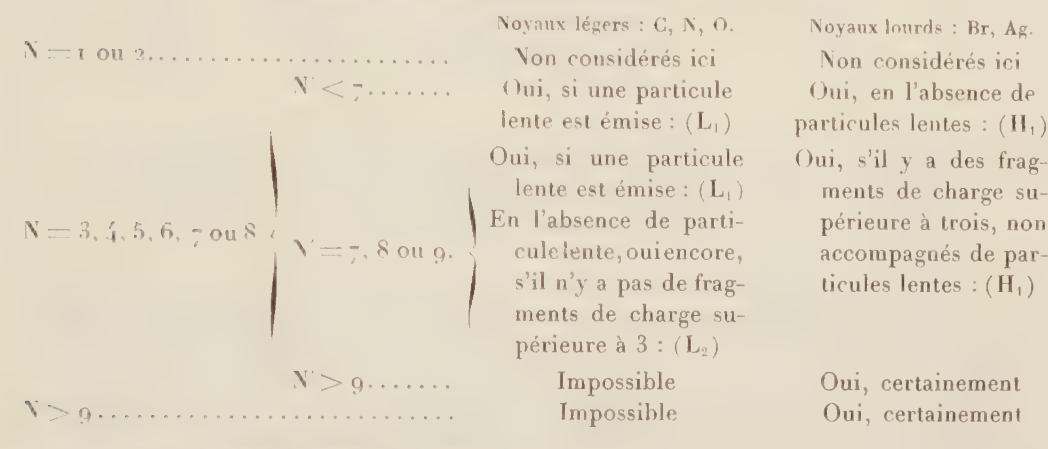
1. Sélection des événements. — Soient N le nombre de particules émises lors d'une interaction et ayant laissé des traces visibles, N' le nombre de charges élémentaires qu'elles comportent.

Les événements pour lesquels $N = 1$ ou $N = 2$ correspondent à des interactions (p, pp) — (p, pn) — $(p, pn\pi_0)$ et ne sont pas l'objet de ce travail. Les critères de sélection se dégagent de la lecture du tableau I.

Parfois une trace de quelques microns peut être interprétée, soit comme la trace d'un fragment de charge 3, soit comme celle d'un noyau de recul provenant d'un noyau lourd ; il est alors difficile de procéder à une attribution. Nous n'avons pas pris ces cas en considération (au plus 5 % de l'ensemble des événements).

TABLEAU I.

Critères d'attribution des événements observés.



		Noyaux légers : C, N, O.	Noyaux lourds : Br, Ag.
N = 1 ou 2		Non considérés ici	Non considérés ici
N = 3, 4, 5, 6, 7 ou 8	N' < 7	Oui, si une particule lente est émise : (L_1)	Oui, en l'absence de particules lentes : (H_1)
	N' = 7, 8 ou 9	Oui, si une particule lente est émise : (L_1) En l'absence de particule lente, oui encore, s'il n'y a pas de fragments de charge supérieure à 3 : (L_2)	Oui, s'il y a des fragments de charge supérieure à trois, non accompagnés de particules lentes : (H_1)
	N' > 9	Impossible	Oui, certainement
N > 9		Impossible	Oui, certainement

Les événements relatifs aux noyaux légers sont classés en deux catégories :

L_1 : Interactions avec émission d'au moins une particule « lente » ;

L_2 : Interactions sans émission de particules « lentes ».

Nous considérerons accessoirement les événements H_1 : interactions avec un noyau lourd telles que $3 \leq N \leq 8$.

2. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX. — La méthode de la statistique différentielle [1] avait conduit, pour les phénomènes étudiés ici ($3 \leq N \leq 8$) à une proportion d'interactions avec les noyaux légers égale à 0,64. L'identification individuelle nous conduit à $0,62_5$.

A. *Nombres moyens de particules donnant des traces « grises » et des traces « de gerbe ».* — Soient k_0 la densité de grains d'une trace au minimum d'ionisation, k celle d'une trace quelconque. Si $k < 1,15\,k_0$, la trace est dite « de gerbe, au minimum » et est notée *sm* ; si $1,15\,k_0 < k < 1,4\,k_0$ elle est dite « de gerbe » et notée *s* ; si $1,4\,k_0 < k < 6\,k_0$ elle est dite « grise » et notée *g*. Le tableau II donne les nombres moyens N_{sm}, N_s, N_g de traces observées pour chaque catégorie d'événements.

Concernant les événements L_1, nos résultats sont directement comparables à ceux de Mc Keague : l'accord est très bon pour la somme $(N_{sm} + N_s + N_g)$ mais moins satisfaisant pour $(N_{sm} + N_s)$ et N_g : la fonction donnant la densité de grains en fonction de l'énergie n'est certainement pas la même dans les émulsions utilisées par Mc Keague et dans les nôtres.

Nos résultats concernant les événements H_1 sont compatibles avec ceux qu'ont donné Lock et coll. et Mc Keague [2], [3] pour l'ensemble des interactions avec les noyaux lourds $(N_{sm} + N_s + N_g = 1{,}98 \pm 0{,}08)$.

TABLEAU II.

Nombres moyens de particules chargées d'énergie supérieure à 30 MeV, émises par interaction.

	Événements.		
	L_1	L_2	H_1
N_{sm}	$0{,}15_4 \pm 0{,}04_5$	$0{,}09_4 \pm 0{,}03_0$	$0{,}14_1 \pm 0{,}04_0$
N_s	$0{,}14_1 \pm 0{,}04_5$	$0{,}09_4 \pm 0{,}03_0$	$0{,}12_3 \pm 0{,}03_{[illegible]}$
$(N_{sm}+N_s)$	$0{,}29_5 \pm 0{,}06_5$ (*)	$0{,}18_7 \pm 0{,}04_5$	$0{,}26_4 \pm 0{,}05_0$
N_g	$1{,}23 \pm 0{,}13$	$1{,}24 \pm 0{,}11$	$1{,}46 \pm 0{,}12$
$(N_{sm}+N_s+N_g)$	$1{,}53 \pm 0{,}14$ (**)	1,4[illegible] ± 0,1[illegible]	$1{,}73 \pm 0{,}15$ (***)

(*) Mc Keague : $0{,}65 \pm 0{,}05$.

(**) Mc Keague : $1{,}75 \pm 0{,}08$.

(***) Lock et coll., Mc Keague (événements H_1 mélangés avec d'autres événements relatifs aux noyaux lourds) : $1{,}98 \pm 0{,}08$.

Les différences que nous observons dans les valeurs des N suivant les différentes catégories d'événements ne sont pas significatives.

B. *Direction des particules donnant des traces « noires ».* — Les traces noires sont celles pour lesquelles $k < 6\,k_0$. Nous appelons p le quotient du nombre de traces dirigées vers l'avant par le nombre de traces dirigées vers l'arrière.

On constate sur le tableau III que les valeurs de p que nous obtenons pour les événements L_1 et L_2 sont différentes.

TABLEAU III.

$$\textit{Valeurs du rapport } p = \frac{\textit{Nombre de traces noires vers l'avant}}{\textit{Nombres de taches noires vers l'arrière}}.$$

Événements.		
L_1	L_2	H_1
$1{,}91 \pm 0{,}16$ (*)	$1{,}36 \pm 0{,}16$	$1{,}55 \pm 0{,}15$

(*) Mc Keague : $p = 1{,}75 \pm 0{,}17$.

Une contamination éventuelle des événements L_2 par des événements H_1 ne peut être incriminée, car elle ne modifierait pas la valeur de p relative aux événements L_2. La différence ne s'explique pas non plus par un transfert plus grand de l'impulsion de la particule incidente; on sait en effet [1] que les événements L_2 correspondent à des énergies d'évaporation plus grandes que les événements L_1.

Nous sommes donc conduits à admettre que les mécanismes d'interaction pour les événements L_1 ne sont pas les mêmes que pour les événe-

ments L_2. Dans une publication ultérieure, nous discuterons l'interprétation à donner à ce fait en examinant aussi les répartitions angulaires et énergétiques des particules rapides émises.

(*) Séance du 16 juillet 1958.
(1) G. Philbert, *J. Phys. Rad.*, 18, 1957, p. 656-662.
(2) Mc Keague, *Proc. Roy. Soc.*, 236 A, 1956, p. 104.
(3) Lock, March et Mc Keague, *Proc. Roy. Soc.*, 231 A, 1955, p. 368.
(4) G. Philbert, *J. Phys. Rad.*, 18, 1957, p. 75.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Théorème des grilles. Son application en Chimie théorique.* Note (*) de M. Isaac Samuel, présentée par M. Louis de Broglie.

Définitions. — Considérons un déterminant symétrique d'ordre $2n$, à éléments diagonaux nuls. Nous appellerons grille un produit de n éléments, tels, que chacun des indices du déterminant caractérise un des éléments et un seul. Si chaque indice est représenté par un point, une grille est représentée par une figure, composée de n segments n'ayant pas d'extrémités communes, chacun de ces segments représentant l'élément caractérisé par les indices de ses extrémités. Dans le cadre de la méthode des polygones [1], [2], nous désignerons une grille par $(p_1)_n$, les $(p_2)_n$ correspondants étant dorénavant représentés par un ensemble de n segments doubles, analogues aux doubles liaisons des formules chimiques.

Nous appellerons valeur intrinsèque d'un terme du développement du déterminant, son expression, ne tenant pas compte du signe imposé par les inversions d'indices.

Théorème des grilles. — *Le carré de la somme des grilles d'un déterminant symétrique d'ordre pair, à éléments diagonaux nuls, est égal à la somme des valeurs intrinsèques des termes ne comportant que des produits cycliques pairs de ses éléments.*

Exemple. — L'expression d'un déterminant d'ordre 8, à éléments diagonaux nuls, s'écrit [1], [2] :

$$(1)\quad \Delta = 2\Sigma p_6 p_2 + 4\Sigma p_5 p_3 + 4\Sigma (p_4)_2 + \Sigma (p_2)_4 - 2\Sigma p_8 - 2\Sigma p_4 (p_2)_2 - 4\Sigma (p_3)_2 p_2.$$

Soit G_i l'une quelconque des grilles. Le théorème se traduit par l'égalité

$$(2)\quad (\Sigma G_i)^2 = 2\Sigma p_6 p_2 + 4\Sigma (p_4)_2 + \Sigma (p_2)_4 + 2\Sigma p_8 + 2\Sigma p_4 (p_2)_2.$$

Démonstration. — Superposons deux grilles de façon que les points de mêmes indices coïncident. La figure obtenue représente le produit des deux grilles. Étudions les figures correspondant à G_i^2 et $2G_iG_j$ qui se trouvent dans le développement du membre gauche de (2). Dans les produits $(G_i)^2$ les éléments

des deux grilles coïncident deux à deux, et leur ensemble nous donne l'ensemble des $(p_2)_n$.

Dans la figure correspondant à $G_i G_j$ avec $i \neq j$, tous les éléments de l'une des grilles ne coïncident pas avec ceux de l'autre. Soit a_s un élément de G_i ne figurant pas dans G_j. A ses extrémités se trouvent les éléments $a_{s'}$ et $a_{s''}$ de la grille G_j. L'élément a_s fait donc partie d'une ligne polygonale. Comme chaque côté de cette ligne appartenant à l'une des grilles, doit trouver à ses extrémités deux côtés appartenant à l'autre grille, cette ligne polygonale est fermée, et le nombre de côtés du polygone est pair.



Le produit de deux grilles différentes nous conduit donc à une expression de la forme $(p_m)(p_{m'})(p_{m''})\ldots$, tels que tous les indices m sont pairs, et que l'un au moins de ces indices est supérieur à 2.

Considérons maintenant un terme quelconque du membre droit de l'équation (2). Un tel terme peut se mettre sous la forme $2^q(p_2)_h(p_{m'})_{q'}(p_{m''})_{q''}\ldots$, en supposant m', m'', ... pairs et supérieurs à 2, et en posant $q = q' + q'' + \ldots$, q est ainsi le nombre de polygones, autres que (p_2), qui apparaissent dans la figure représentative. Soit d'abord $q = 1$. La figure contient un polygone autre que p_2. Comme le nombre de ses côtés est pair, le produit p_m se décompose d'une façon et d'une seule en un produit AB, chacun de ces deux facteurs étant un produit de $m/2$ éléments provenant de la même grille. Dans la figure 1 par exemple, les éléments de A correspondent aux traits pleins, ceux de B aux pointillés. Une telle figure provient de la superposition des deux grilles $G_i = (p_1)_h A$ et $G_j = (p_1)_h B$. Le coefficient 2 affectant le produit d'après la méthode des polygones provient du fait qu'il s'agit d'un double produit (carré d'une somme).

Pour $q = 2$, le terme est formé par deux combinaisons de grilles $G_1 = (p_1)_h A_1 A_2$, associée à $G_j = (p_1)_h B_1 B_2$ et de $G_i = (p_1)_h A_1 B_2$ associée à $G_j = (p_1)_h A_2 B_1$. Le coefficient numérique en effectuant le carré de la somme des grilles est donc deux fois $2 = 4$. C'est bien le coefficient exigé par la méthode des polygones.

Pour q quelconque, montrons par récurrence que le nombre de combinaisons de grilles qui conduisent à ce même terme est 2^{q-1}. Considérons en effet l'ensemble des combinaisons $G_i G_j$ correspondant à q polygones. Si q augmente de 1, chacune des combinaisons est multipliée par 2. On peut en effet pour le nouveau polygone, introduire A dans G_i et B dans G_j ou inversement.

Application a la chimie théorique. — Dewar et Longuet-Higgins [3], étudiant les déterminants séculaires Δ des carbures d'hydrogène alternants à 2 N atomes de carbone ont montré que si ces carbures ne contenaient que des cycles benzéniques, on avait la relation

(3) $$n^2 = |\Delta_{(y=0)}|,$$

n étant le nombre de formules kékuléennes.

Remarquant que dans les conditions adoptées par les auteurs $\Sigma G_i = n$, la méthode des polygones, associée au théorème des grilles, nous permet une généralisation de la relation (3).

Théorème. — *Les conditions suffisantes pour la validité de la relation* (4) *sont :*

1° *la formule du composé contient au maximum un cycle impair ;*

2° *le nombre de côtés* $2m$ *des cycles pairs est tel que* m *est impair.*

Démonstration. — D'après le théorème des grilles, la relation $(\Sigma G_i)^2 = |\Delta_{(y=0)}|$ est réalisée, si les termes du développement ne contiennent aucun produit cyclique impair, et si tous les termes non nuls ont même signe. Or un terme quelconque du développement peut s'écrire $\pm (p_h)(p_{h'}) \ldots$

1° Comme on a $h + h' + \ldots = 2N$, les h impairs ne peuvent figurer qu'en nombre pair, ce qui établit la première condition.

2° Considérons le terme du développement sous la forme $(-1)^q (p_{2m})(p_{2m'}) \ldots$ avec $m + m' + m'' + \ldots = N$, q étant le nombre de termes de cette dernière somme.

Il est évident que si tous les m sont impairs, q a la parité de N. La parité de q est donc la même pour tous les termes, ce qui établit la deuxième condition.

(*) Séance du 7 juillet 1958.

[1] I. Samuel, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1236.

[2] I. Samuel, *Cahiers de physique*, **11**, 1957, p. 443 et 447.

[3] J. S. Dewar et H. C. Longuet-Higgins, *Proc. Roy. Soc.*, A **214**, 1952, p. 482.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Spectres d'absorption infrarouges de quelques huiles végétales.* Note de Mlle **Yvonne Favier**, présentée par M. Georges Chaudron.

Enregistrement des spectres d'absorption infrarouges entre 6 et 15 μ d'une quinzaine d'huiles communes et interprétation, par analogie, des principaux groupes de bandes.

Ce travail a été entrepris pour savoir si l'on pourrait distinguer les huiles végétales, notamment celles qui entrent dans les préparations galéniques, par leur spectre d'absorption infrarouge, déceler une addition d'huile étrangère ou une altération au cours du temps.

Nous avons utilisé un spectromètre « Perkin-Elmer » monofaisceau et

à simple passage équipé avec un prisme de chlorure de sodium. Les cuves ont été confectionnées avec des lamelles de la même substance et des cales en étain de 0,04 mm dans la région 1000-1800 cm^{-1} et de 0,11 mm dans la région 700-1000 cm^{-1}. Les échantillons étudiés sont les suivants : huiles de bois de Chine (deux qualités), de ricin, de lin brute, de bancoul, d'œillette, de tournesol vierge, de soja brute, de maïs brute, de maïs raffinée, de colza raffinée, d'olive vierge, d'arachide brute, d'arachide raffinée, d'amandes douces et de noyaux. Ces corps ont été définis par leurs indices habituels et leur densité. En fait, les spectres enregistrés ne diffèrent guère si l'on passe d'une huile à l'autre renfermant des doubles liaisons éloignées ou une seule double liaison, sauf lorsqu'on passe à l'huile de ricin qui contient des fonctions alcool secondaire et surtout à l'huile de bois de Chine qui possède des doubles liaisons conjuguées. Les spectres ne sont donc pas en général spécifiques et, tout au moins pour la région spectrale précitée, ne peuvent permettre de résoudre le problème proposé. On ne peut donc, pour l'instant, que se borner à l'étude de l'attribution de telle ou telle bande à des groupes d'atomes déterminés.

Bande de 1740 cm^{-1}. — Cette bande très intense que nous trouvons parfois perturbée caractérise comme il est bien connu la vibration de valence du carbonyle C=O; nous la trouvons chez toutes les huiles, ce qui semble évident puisque les huiles sont des mélanges d'esters; cette bande est abaissée à 1722 cm^{-1} dans le cas de l'huile de ricin.

Région de 1090-1240 cm^{-1}. — C'est pour les huiles une région de très forte absorption où l'on trouve les vibrations de valence des groupements C—O— des acides, des alcools et des esters. Les bandes y sont moins stables en position que celles du carbonyle et se montrent influencées par la masse et la nature des groupements attachés. On observe toujours une bande très forte à 1164 cm^{-1} parfois dédoublée à 1170-1150 cm^{-1}, encadrée vers les plus grandes fréquences par une forte bande à 1235 cm^{-1} et vers les plus faibles par une bande également forte à 1098 cm^{-1} et une autre nettement marquée à 1030 cm^{-1}. Nous avons donné l'explication détaillée de cette partie du spectre dans une publication récente ([6]), en nous servant de l'aspect présenté dans cette région par la triélaïdine, la trioléine, la trimyristine.

Bande de 722 cm^{-1}. — Cette bande forte découverte par Tuot et Lecomte ([7]) sur une trentaine d'alcools est attribuée aux longues chaînes du type $—(CH_2)_n—$ où n est considéré comme supérieur ou égal à quatre; elle est vraisemblablement due à un mouvement de rotation plane des chaînes méthyléniques.

Bande de 910-916 cm^{-1}. — Cette bande est constante et faible en général, sauf dans les huiles (bancoul, lin brute, soja brute) qui possèdent une forte proportion d'acide linoléique; elle est déplacée et forte à 929 cm^{-1}

chez l'huile de bois de Chine ; elle est due aux doubles liaisons cis ; Jackson et coll. ([2]), O'Connor ([3]) la relèvent aussi chez des corps synthétiques comme le linoléate de méthyle cis-9 cis-12 exempt d'isomère trans.

Bandes de 844-853 *et de* 866-873 cm^{-1}. — Ces bandes sont régulièrement présentes dans les huiles étudiées, sauf dans celles de bois de Chine (863 et 866 cm^{-1}), de ricin (858 cm^{-1}) et de lin (866 cm^{-1}) ; elles interviennent dans une région où l'on observe des vibrations de la chaîne carbonée. Lecomte ([4]) en étudiant les spectres des alcanes à chaîne droite et des alcènes à double liaison non terminale a déjà interprété les bandes de cette région. Il faut en outre signaler que les acides gras libres, par exemple les acides palmitique, stéarique, oléique et élaïdique ne présentent pas de bande dans ces deux régions ; par contre, leurs esters méthyliques et les triglycérides correspondants comme Shreve et coll. ([5]) l'ont montré, les offrent sous forme relativement faible, exemple :

acide oléique : aucune bande entre 721 et 935 cm^{-1} ;
oléate de méthyle : deux bandes à 880 et 856 cm^{-1} ;
trioléine : une bande à 870 cm^{-1}.

On pourrait en conclure que ces bandes, bien que dues à la forme de la chaîne carbonée, ne sont pas influencées par la présence de la fonction ester, sont interdites dans le cas de l'acide libre ou associé par le pont d'hydrogène habituel.

(1) M. Tuot et J. Lecomte, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 339.
(2) J. E. Jackson, R. F. Paschke, F. Tolberg, H. M. Boyd et D. H. Wheeler, *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 29, 1952, p. 229.
(3) R. T. O'Connor, *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 32, 1955, p. 624.
(4) J. Lecomte, *Bull. Soc. Chim. France*, 10, 1943, p. 543.
(5) O. D. Shreve, M. R. Heether, H. B. Knight et D. Swern, *Anal. Chem.*, 22, 1950, p. 1498.
(6) *XXe Congrès du G. A. M. S.* (sous presse).

(*École nationale supérieure de Chimie de Paris.*)

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur des phosphates d'aluminium du groupe* $P_2O_5/Al_2O_3 = 2$. Note (*) de M. **Ferdinand d'Yvoire**, transmise par M. Paul Lebeau.

Préparation et évolution thermique de $2P_2O_5.Al_2O_3.9H_2O$ et $2P_2O_5.Al_2O_3.5H_2O$. Par chauffage, ces composés donnent des mélanges de phosphates des groupes $P_2O_5/Al_2O_3 = 1$ et $P_2O_5/Al_2O_3 = 3$. Détermination des paramètres cristallins de $2P_2O_5.Al_2O_3.9H_2O$ rhomboédrique.

Dans une Note antérieure ([1]), nous avons décrit la préparation, à partir de solutions d'alumine dans l'acide phosphorique, de phosphates d'aluminium,

du groupe $x = P_2O_5/Al_2O_3 = 3$. En modifiant la composition de ces solutions, d'autres phosphates d'aluminium peuvent être préparés à température ordinaire ou par chauffage. Ainsi ont été isolés deux composés du groupe $x = 2$: $2P_2O_5.Al_2O_3.9H_2O$ et $2P_2O_5.Al_2O_3.5H_2O$. Nous utiliserons dans cet exposé la notation dualistique lorsque la nature des composés ne peut être précisée avec certitude.

1. $2P_2O_5.Al_2O_3.9H_2O$ a été signalé par J. C. Brosheer et coll. [2] comme une des phases solides du système $PO_4H_3 - Al_2O_3 - H_2O$ à 25°. R. F. Jameson et J. E. Salmon [3] ont également étudié ce système à 25°. Ils indiquent pour la même région du diagramme une phase solide de composition différente : $3P_2O_5.2Al_2O_3.10H_2O$. Nous nous sommes placés dans des conditions voisines de celles indiquées par ces auteurs en agitant mécaniquement à la température ordinaire (18-20°) différents mélanges d'alumine $Al(OH)_3$ ou de phosphates d'aluminium [$(PO_4H_2)_3Al$ ou $PO_4Al.2H_2O$], d'acide phosphorique et d'eau. Dans tous les cas, les cristaux formés, recueillis même après cinq mois, ont pour composition $2P_2O_5.Al_2O_3.9H_2O$. Un mode de préparation plus simple du même composé consiste à abandonner à l'air une solution d'alumine dans l'acide phosphorique [$Al(OH)_3$ 20 à 45 g, PO_4H_3($d = 1,71$) 100 ml, H_2O 40 à 180 ml]; les cristaux se déposent en quelques jours; on les sépare de la phase liquide par un séjour prolongé sur terre poreuse suivi de lavages à l'éther anhydre.

Au microscope, $2P_2O_5.Al_2O_3.9H_2O$ se présente en plaquettes ayant la forme de triangles équilatéraux, souvent groupées en faisceaux; c'est un minéral uniaxe positif. L'étude de son diagramme X de poudre montre qu'il appartient au système rhomboédrique; les paramètres de la maille hexagonale triple ont pour valeur (en angströms absolus) :

$$a = 9,036 \pm 0,006 \text{ Å}, \qquad c = 17,394 \pm 0,010 \text{ Å}.$$

La mesure du poids spécifique par la méthode hydrostatique a donné la valeur 2,192 g/ml en accord satisfaisant avec la valeur 2,219 g/ml calculée en supposant que la maille élémentaire rhomboédrique contient un groupe $2P_2O_5.Al_2O_3.9H_2O$.

L'eau hydrolyse lentement le composé $2P_2O_5.Al_2O_3.9H_2O$.

Chauffé à 150°/h à la thermobalance (*fig.* 1), et disposé en couche très mince pour éviter l'influence de la vapeur d'eau dégagée, $2P_2O_5.Al_2O_3.9H_2O$ perd $6H_2O$ entre 95 et 150° en donnant $2P_2O_5.Al_2O_3.3H_2O$. Ce composé nouveau, très hygroscopique, possède un spectre X caractéristique. Il se décompose vers 200° en PO_4Al (structure cristobalite) et une phase amorphe; celle-ci se déshydrate et cristallise progressivement en donnant P_3O_9Al de type B, selon un processus analogue à celui que nous avons décrit dans l'évolution thermique du phosphate monoaluminique [1]. On obtient donc en fin de chauffage (900°) un mélange PO_4Al (structure cristobalite) + P_3O_9Al (type B).

L'évolution thermique de $2P_2O_5.Al_2O_3.9H_2O$ peut être schématisée ainsi :

$$2P_2O_5.Al_2O_3.9H_2O \rightarrow 2P_2O_5.Al_2O_3.3H_2O \rightarrow \begin{cases} PO_4Al \text{ (cristobalite)}, \\ \text{phase amorphe} \rightarrow P_3O_9Al \text{ (B)}. \end{cases}$$

Le départ à basse température des deux tiers de l'eau contenue dans le composé initial permet de considérer celui-ci comme un hydrate $(PO_4)_2AlH_3.3H_2O$, qui par chauffage donnerait le sel anhydre $(PO_4)_2AlH_3$ (ou $2P_2O_5.Al_2O_3.3H_2O$).

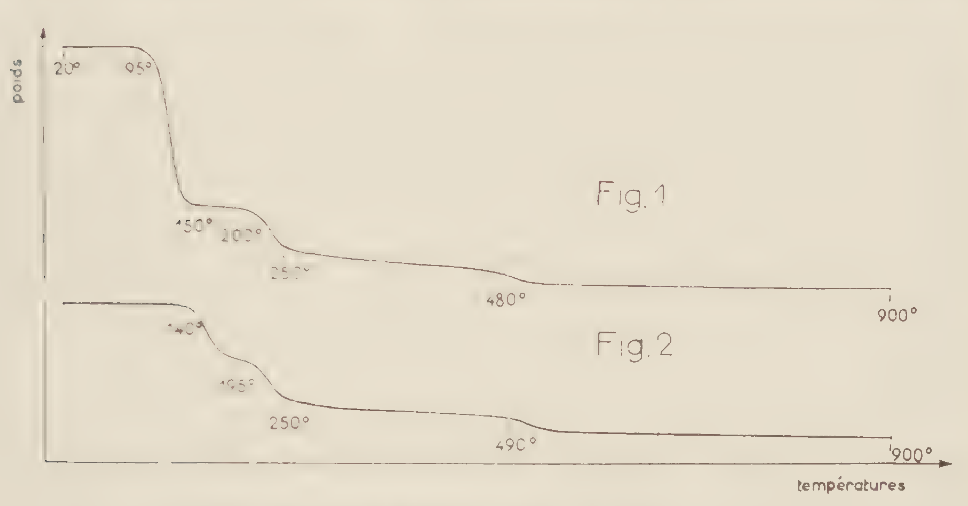


Fig. 1 et 2. — Courbes d'analyse thermogravimétrique de $2P_2O_5.Al_2O_3.9H_2O$ et $2P_2O_5.Al_2O_3.5H_2O$.

2. $2P_2O_5.Al_2O_3.5H_2O$ a été obtenu de la façon suivante : une solution d'alumine dans l'acide phosphorique concentré telle que le rapport P_2O_5/Al_2O_3 soit égal à 2,6 est portée à 115°; elle devient très visqueuse et cristallise en quelques jours. En reprenant par l'eau, on isole un composé insoluble, $2P_2O_5.Al_2O_3.5H_2O$, se présentant en lames probablement monocliniques aplaties suivant p.

Par chauffage (150°/h) à la thermobalance (*fig.* 2) $2P_2O_5.Al_2O_3.5H_2O$ perd $2H_2O$ entre 140 et 195°. Le produit trempé à 195° a la composition globale $2P_2O_5.Al_2O_3.3H_2O$. Les spectres X montrent qu'il s'agit non pas du composé $2P_2O_5.Al_2O_3.3H_2O$ signalé plus haut, mais d'un mélange : PO_4Al berlinite + $(PO_4H_2)_3Al$. Par la suite, seul $(PO_4H_2)_3Al$ évolue, selon le processus que nous avons décrit [1]; on observe cependant que sa décomposition débute dès 200° au lieu de 240°, sans doute à cause de la taille très petite des cristaux. En fin de chauffage on obtient un mélange PO_4Al berlinite + P_3O_9Al de type B.

L'évolution thermique précédente s'interprète facilement si l'on considère $2P_2O_5.Al_2O_3.5H_2O$ comme un sel double $PO_4Al.2H_2O$, $(PO_4H_2)_3Al$. En effet, les transformations successives peuvent être schématisées de la façon

suivante :

$$PO_4Al.2H_2O,\ (PO_4H_2)_3Al \rightarrow \begin{cases} PO_4Al \text{ berlinite,} \\ (PO_4H_2)_3Al \rightarrow \text{phase amorphe} \rightarrow P_3O_9Al\ (B). \end{cases}$$

Remarquons que les courbes de l'analyse thermogravimétrique des composés $2P_2O_5.Al_2O_3.9H_2O$ et $2P_2O_5.Al_2O_3.5H_2O$ présentent des allures analogues; mais les produits intermédiaires de l'évolution sont différents.

3. *En conclusion*, les phosphates d'aluminium du groupe $x = 2$ que nous venons d'étudier conduisent par chauffage à des mélanges des groupes $x = 1$ et $x = 3$. Nous n'avons pas rencontré de composé $2PO_5.Al_2O_3$.

Les distances réticulaires des composés obtenus sont données ci-après en kX, ainsi que les intensités correspondantes et, pour le composé $2P_2O_5.Al_2O_3.9H_2O$, les indices *hk. l* dans le système hexagonal (4) :

$2P_2O_5.Al_2O_3.9H_2O$: 7,10 F (10.1); 5,80 F (10.2, 00.3); 4,51 FF (11.0); 3,812 m (20.1); 3,556 FFF (20.2, 11.3); 3,174 fff (10.5); 2,909 FF (12.1, 20.4); 2,893 f (00.6); 2,795 F (12.2); 2,603 f (30.0); 2,595 m (20.5); 2,439 f (12.4); 2,434 f (11.6); 2,374 m (30.3); 2,362 f (10.7); 2,246 m (12.5); 2,149 f (13.1); 2,100 F (13.2); 2,060 fff (20.7, 10.8); 1,941 f; 1,929 fff; 1,905 f; 1,899 ff.

$2P_2O_5.Al_2O_3.3H_2O$: 9,1 ff; 7,7 F; 5,97 f; 5,66 m; 4,65 fff; 4,54 fff; 4,29 fff; 4,06 FFF (raie floue); 3,84 m; 3,66 F; 3,51 F; 3,45 F; 3,24 F; 3,16 f; 3,11 f; 3,03 m; 2,99 f; 2,96 f; 2,86 fff; 2,82 f; 2,71 f; 2,55 f; 2,49 f; 2,47 f; 2,43 fff; 2,38 ff; 2,32 ff; 2,27 ff; 2,24 f; 2,21 fff; 2,18 f; 2,14 f.

$2P_2O_5.Al_2O_3.5H_2O$: 7,43 F; 6,37 FF; 5,79 F; 5,60 F; 4,62 f; 4,53 fff; 4,38 fff; 4,30 f; 4,08 FFF; 3,92 m; 3,63 FF; 3,50 m; 3,38 fff; 3,34 m; 3,28 F; 3,27 F; 3,23 ff; 3,17 m; 2,99 m; 2,94 FF; 2,90 m 2,88 F; 2,83 fff; 2,81 fff; 2,78 fff; 2,69 fff; 2,59 ff; 2,56 ff; 2,54 m; 2,51 m; 2,45 fff; 2,42 ff; 2,40 ff; 2,375 fff; 2,34 f; 2,325 fff; 2,30 m; 2,275 ff; 2,255 ff; 2,24 ff; 2,225 ff; 2,195 ff; 2,185 fff; 2,155 fff; 2,12 f; 2,11 f; 2,075 ff; 2,05 m; 2,02 ff; 1,98 f; 1,965 ff; 1,915 fff; 1,90 ff; 1,88 fff; 1,87 fff; 1,85 m (raie floue); 1,84 ff.

(*) Séance du 16 juillet 1958.

(1) A. BOULLÉ et F. d'YVOIRE, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 531.

(2) J. C. BROSHEER, F. A. LENFESTY et J. F. ANDERSON, *J. Amer. Chem. Soc.*, 76, 1954, p. 5951.

(3) R. F. JAMESON et J. E. SALMON, *J. Chem. Soc.*, 1954, p. 4013.

(4) Les diagrammes de rayons X ont été réalisés au moyen d'une chambre Seeman-Bohling ($d = 60$ mm), avec la radiation Cu Kα.

(Laboratoire de Chimie de l'École des Mines de Paris.)

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation de quelques halogénures mixtes de niobium et de tantale.* Note de M. **MARCEL CHAIGNEAU**, transmise par M. Paul Lebeau.

Nous avons montré que l'action de l'iodure ou du bromure d'aluminium, à l'état fondu, sur les pentoxydes de niobium ou de tantale, peut conduire

à la préparation du triodure de niobium, du pentaiodure de tantale et des pentabromures de niobium ou de tantale ([1]). Cette méthode de préparation des halogénures métalliques s'est révélée particulièrement féconde ([2]) et d'application facile.

Nous avons donc repris l'étude de ces réactions en vue de préparer des halogénures mixtes de niobium et de tantale. A cet effet, nous avons tout d'abord choisi les bromo-iodures et les résultats obtenus font l'objet de cette Note.

En opérant dans des conditions identiques à celles décrites antérieurement ([1]), on fait agir sur le pentoxyde de niobium ou le pentoxyde de tantale, des mélanges de bromure et d'iodure d'aluminium à l'état fondu. Les mélanges utilisés sont composés, soit de 1 mol de bromure pour 2 mol d'iodure d'aluminium, soit inversement de 1 mol d'iodure pour 2 mol de bromure. Et les proportions respectives des composés mis en œuvre répondent sensiblement, selon le cas, à l'une des équations suivantes :

$$9\,Me_2O_5 + 10\,AlBr_3 + 20\,AlI_3,$$
$$9\,Me_2O_5 + 20\,AlBr_3 + 10\,AlI_3,$$

ce qui correspond à la formation de $15Al_2O_3$ en fin de réaction.

Niobium. — Quelle que soit la composition du mélange d'halogénures d'aluminium réagissant sur le pentoxyde de niobium, à 230°, pendant 24 h, nous n'avons pu isoler, par sublimation à 350°, sous vide, qu'un seul composé. Il se présente sous la forme de cristaux aciculaires de couleur noire, de densité égale à 4,68 à 18° et dont l'analyse répond à la formule $NbBrI_2$:

%.	I.	II.	III.	IV.	Calculé pour $NbBrI_2$.
Brome	18,70	18,00	18,02	–	18,73
Iode	59,88	60,47	60,25	59,00	59,49
Niobium	21,93	22,00	21,89	22,00	21,78

Tantale. — Le chauffage à 230° pendant 48 h du pentoxyde de tantale avec le mélange $2AlBr_3$, AlI_3 conduit à la formation de cristaux de couleur noire qu'on peut séparer par sublimation à 350° sous forme de tables triangulaires à reflets mordorés présentant par endroits des efflorescences en branches de genêt (densité : 5,47 à 18°). Les analyses permettent de leur donner la formule $TaBr_4I$:

%.	I.	II.	III.	Calculé pour $TaBr_4I$.
Brome	49,67	50,76	–	50,97
Iode	20,61	20,08	19,80	20,21
Tantale	28,03	28,61	29,20	28,82

Si l'on opère avec le mélange $AlBr_3$, $2AlI_3$, on obtient à 350°, un composé microcristallin de couleur brun noir, de densité égale à 5,85 à 18° et répondant à la formule $TaBrI_4$:

%.	I.	II.	Calculé pour $TaBrI_4$.
Brome	10,51	10,0	10,40
Iode	64,8-64,2	66,32	66,06
Tantale	23,70	23,56	23,54

Dans ce cas, après l'isolement de ce monobromotétraiodure de tantale, le résidu est constitué par un mélange d'alumine formé au cours de la réaction et d'une petite quantité de monoiodotétrabromure de tantale. On sépare ce dernier, sous vide à 350-400°, comme dans le cas précédent (trouvé %, Ta 28,53; Br 49,60; I 20,81).

Les halogénures mixtes de niobium et de tantale que nous avons ainsi préparés sont instables à l'air. Ils sont attaqués par l'eau, l'ammoniaque et les acides dilués en donnant naissance aux pentoxydes correspondants.

Le monobromodiiodure de niobium est insoluble dans les solvants organiques usuels : acétone, alcools éthylique et méthylique, dioxane, éther, glycérine, sulfure de carbone et tétrachlorure de carbone.

Par contre, le monobromotétraiodure de tantale et le monoiodotétrabromure de tantale sont insolubles dans l'éther, le sulfure de carbone et le tétrachlorure de carbone, mais sont légèrement solubles dans l'acétone, les alcools éthylique et méthylique, le dioxane et la glycérine.

En résumé, l'action combinée du bromure et de l'iodure d'aluminium sur les pentoxydes de niobium ou de tantale, permet, dans les conditions précisées, de préparer les trois composés nouveaux : $NbBrI_2$, $TaBr_4I$ et $TaBrI_4$ dont nous donnons certaines propriétés physiques. Nous nous proposons d'étendre ces recherches en utilisant des mélanges réactionnels contenant, entre autres, du chlorure d'aluminium.

(1) M. Chaigneau, *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 263; **243**, 1956, p. 957.

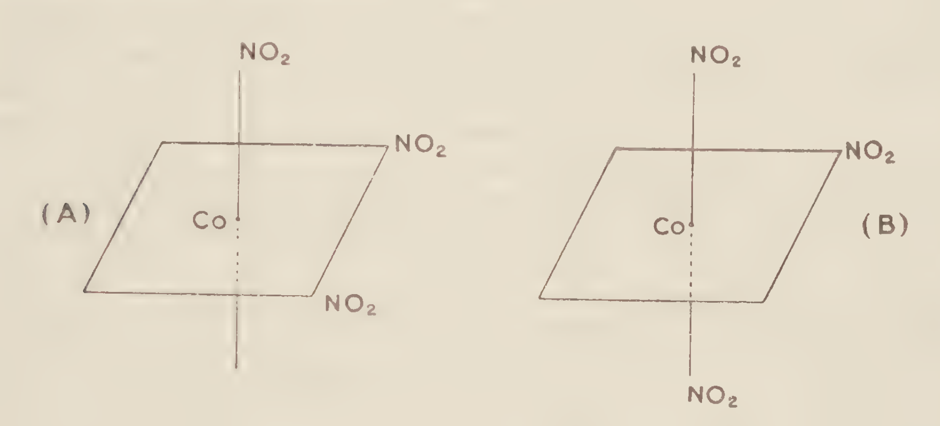
(2) M. Chaigneau et Mlle Chastagnier, *B. S. C.*, 1957, p. 886.

(*Faculté de Pharmacie de Paris.*)

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un nouveau cas d'isomérie mis en évidence par spectrométrie infrarouge*. Note de MM. **Anil K. Majumdar**, **Clément Duval** et **Jean Lecomte**, présentée par M. Georges Chaudron.

La cobalt-III trinitrotriammine se présente sous deux formes stéréo-isomères qu'on peut mettre en évidence par le spectre d'absorption infrarouge entre 400 et 1700 cm⁻¹.

On sait que la cobalt-III trinitrotriammine $[Co(NO_2)_3(NH_3)_3]$ est un non-électrolyte qui se représente dans les idées de Werner par un octaèdre régulier dont le cobalt occupe le centre, les trois groupes NO_2 et les trois molécules NH_3 étant disposés aux six sommets. Il existe alors deux façons différentes de faire cette distribution suivant que les groupes sont aux sommets d'une même face ou aux sommets d'un triangle isocèle admettant un axe quaternaire pour base. Le complexe étudié doit alors se présenter sous deux formes isomères. Nous avons tenté de les mettre en évidence, tout au moins à l'état solide.



La cobalt-III trinitrotriammine peut se préparer avec un rendement acceptable de quatre manières différentes : 1° par la méthode de Werner (2) en aiguilles brunes de 0,5 cm de long; 2° par la méthode de l'un de nous (3) (nous avons comparé les spectres infrarouges donnés par cet échantillon avec ceux d'une préparation remontant à 1923 et conservée en vase scellé et à l'abri de la lumière); 3° par la méthode directe de Jörgensen (4), ce qui donne des plaques hexagonales par recristallisation dans l'acide acétique; 4° par la même préparation de Jörgensen mais suivie d'une recristallisation dans l'eau, ce qui donne des cristaux de faciès différent.

Chlorure de cobalt-III hexammine (chlorure lutéo)	$[Co(NH_3)_6]Cl_3$
» cobalt-III nitropentammine (chlorure xantho).	$[Co(NO_2)(NH_3)_5]Cl_2$
» cis-dinitrotétrammine (chlorure flavo)	$[Co(NO_2)_2(NH_3)_4]Cl$
» trans-dinitrotétrammine (chlorure crocéo) ...	$[Co(NO_2)_2(NH_3)_4]Cl$
» cis-dichlorotétrammine (chlorure violéo)	$[CoCl_2(NH_3)_4]Cl$
» trans-dichlorotétrammine (chlorure praséo)..	$[CoCl_2(NH_3)_4]Cl$

Les spectres d'absorption infrarouges ont été enregistrés sur appareils « Perkin-Elmer » à simple ou à double faisceau équipés avec des prismes de chlorure de sodium, de bromure de césium et de fluorure de calcium; les poudres ont été utilisées, soit seules, soit humectées de nujol ou d'hexachlorobutadiène. Pour pouvoir identifier commodément les spectres de ces

quatre variétés, nous avons rapproché ceux d'autres sels de cobaltiammines que nous avons préparés à l'état de pureté; nous les indiquons avec leur formule et leur nom vulgaire.

Notons que les spectres des deux premiers corps avaient déjà été fournis dans deux de nos Mémoires antérieurs ([5]), ([6]).

Pour les deux configurations A et B, la symétrie reste faible. Pour A, il n'existe qu'un plan de symétrie contenant l'axe NO_2—Co—NH_3 conduisant à une activité en absorption comme en diffusion de toutes les vibrations symétriques ou antisymétriques par rapport à ce plan. Pour B, on trouve deux plans de symétrie et leur axe binaire d'intersection; la symétrie C_{2v} conduit au même résultat que ci-dessus, sauf en ce qui concerne les vibrations du type A_2 inactives en absorption; la différence entre les deux symétries reste faible et leur simple considération ne peut guère permettre d'attribuer avec certitude l'une des formes à un spectre déterminé.

Les échantillons 1 et 2 (Werner et Duval) ont fourni le même spectre infrarouge : 472 (aF), 484 (f), 516 (aF), 584 (F), 606 (f), 612 (aF), 820 (aF), 1285 (TF), 1371 (TF), 1360 (aF), 1398 (f), 1420 (aF), 1626 (aF) cm^{-1}. L'échantillon conservé depuis 1923 a donné le même spectre que la préparation récente.

Les composés 3 et 4 de Jörgensen quoique différents sous le microscope ont fourni un spectre infrarouge identique, mais se séparant nettement de celui des préparations de Werner et Duval : 488 (f), 508 (f), 562 (TF), 584 (tf), 598 (aF), 612 (aF), 786 (aF), 820 (TF), 1260 (TF), 1286 (f), 1321 (TF), 1365 (tf), 1396 (aF), 1418 (TF), 1632 (aF) cm^{-1}.

Déjà R. Duval ([1]), en 1938, avait préparé la cobalt-III trinitrotriammine par ces quatre procédés et avait montré qu'en solution aqueuse les propriétés physiques restaient les mêmes, à dilution égale, dans le visible et l'ultraviolet; par contre, à l'état solide, les diagrammes de Debye et Scherrer ont montré deux sortes de clichés différents et deux seulement.

Profitant de la connaissance des fréquences connues pour NH_3 et pour NO_2, de la comparaison des spectres des sels de cobaltiammines annoncés, rappelant que le chlore est transparent dans la région spectrale étudiée, nous avons identifié les bandes enregistrées dans les deux sortes d'échantillons. On trouvera le détail, fréquence par fréquence, dans une Publication récente ([7]). Notre conclusion est alors la suivante :

La cobalt-III trinitrotriammine se présente sous deux formes stéréo-isomères à l'état solide. Les deux modes de préparation de Jörgensen conduisent à une même forme représentée par le schéma A, les deux procédés de Werner et de Duval conduisent à une autre forme commune schématisée en B.

([1]) R. Duval, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1652.

([2]) A. WERNER, *Z. anorg. Chem.*, 15, 1897, p. 166.
([3]) C. DUVAL, *Thèse*, Paris, 1927, p. 35.
([4]) S. M. JÖRGENSEN, *Z. anorg. Chem.*, 17, 1898, p. 475.
([5]) C. DUVAL et J. LECOMTE, *Bull. Soc. Chim.*, 12, 1945, p. 678.
([6]) R. DUVAL, C. DUVAL et J. LECOMTE, *Bull. Soc. Chim.*, 14, 1947, p. 1048.
([7]) *XXe Congrès du G. A. M. S.* (sous presse).

(*École nationale supérieure de Chimie de Paris et Laboratoire de Recherches physiques de la Sorbonne.*)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Le α-(N-méthylanilino)-tétrahydropyranne.* Note (*) de MM. CHARLES GLACET et GUY BONNEMAISON, transmise par M. Marcel Delépine.

On a vérifié la structure du α-méthylphénylaminotétrahydropyranne et précisé ses constantes physiques. L'étude des conditions de préparation permet de proposer un mécanisme pour la réaction d'addition des amines aromatiques au dihydropyranne.

L'un de nous a signalé brièvement la préparation du α-méthylphénylaminotétrahydropyranne à partir de monométhylaniline et de Δ^2-dihydropyranne ou de α-hydroxytétrahydropyranne ([1]).

$$C_6H_5.NHCH_3 + \underbrace{(CH_2)_3—CH=CH—O}_{\text{cycle}} \rightarrow \underbrace{(CH_2)_4—CH—O}_{\text{cycle}}—N(CH_3)—C_6H_5$$

$$C_6H_5.NHCH_3 + \underbrace{(CH_2)_4—CHOH—O}_{\text{cycle}} \rightarrow \underbrace{(CH_2)_4—CH—O}_{\text{cycle}}—N(CH_3)—C_6H_5$$

Les échantillons obtenus par les deux méthodes ont même point d'ébullition, même masse spécifique, mais ils diffèrent par leurs indices. Nous avons repris cette étude d'une part pour contrôler la pureté du corps obtenu et en vérifier la structure, d'autre part pour essayer de préciser le mécanisme de la réaction d'addition d'amine à l'oxyde vinylique.

La purification de l'aminoépoxyde a été suivie par dosage d'azote. La méthode de Kjeldahl n'a pu être utilisée, elle fournit des résultats déficitaires et irréguliers. La fonction amine est trop peu basique pour être dosée par acidimétrie classique; par contre, elle est dosée rapidement, avec une précision de 1/400, par l'acide perchlorique en milieu acétique ([2]). La salification doit être suivie par potentiométrie; l'indicateur habituel, le violet de Paris, étant rapidement décoloré.

La formation du méthylanilinotétrahydropyranne par addition d'amine à l'oxyde vinylique est fortement catalysée par les acides et les essais de contrôle nous ont permis de retrouver les résultats précédemment publiés [([1]), p. 579)]. Mais cette préparation effectuée en présence d'un sel d'amine peu soluble nécessite l'emploi d'un autoclave agité; nous avons pu la réaliser sans addition

de catalyseur, ce qui permet de travailler en phase homogène avec un matériel fixe.

En l'absence de catalyseur la réaction est beaucoup plus lente. A partir d'un mélange équimoléculaire de méthylaniline et de dihydropyranne on transforme 4 % de l'oxyde vinylique en 20 h de chauffage à 140°; à la même température l'addition de 1 % d'acide phosphorique permet d'en utiliser 90 % en 2 h.

La réaction n'est pas affectée par la nature de la paroi. Les résultats sont reproductibles si l'on prend soin d'opérer en atmosphère d'azote et d'utiliser des réactants fraîchement distillés. La présence d'une trace de base, même faible (CO_3K_2), arrête totalement la réaction. L'aniline réagit avec le dihydropyranne avec une vitesse peu différente de celle de la méthylaniline.

Ces faits expérimentaux s'interprètent bien par l'addition d'amine aromatique à l'oxyde vinylique activé par l'effet électromère d'un catalyseur électrophile, catalyseur qui peut être l'amine aromatique elle-même.

H R C_6H_5 O H—A → O R C_6H_5

Quelles que soient les conditions opératoires le rendement en aminoépoxyde, compté à partir du dihydropyranne transformé, tend vers zéro lorsque le taux de transformation de ce dihydropyranne tend vers 100. Ceci est dû à la dismutation de l'aminoépoxyde qui finit par transformer l'oxyde vinylique en

O —N CH_3 C_6H_5 → $C_6H_5NHCH_3$ + O et polymères

résines non azotées. Nous avons vérifié que le dihydropyranne est stable aux températures employées.

Il n'est donc pas avantageux de rechercher un taux de transformation trop élevé; pratiquement nous avons limité à 30-35 % le taux de transformation de l'oxyde vinylique, le rendement en aminoépoxyde est alors de 80 % si l'on utilise la méthylaniline, de 60 % si l'on emploie l'aniline. Ce résultat est obtenu par exemple en 20 h de chauffage à 165° d'une solution équimoléculaire de dihydropyranne et d'amine.

Le α-méthylanilinotétrahydropyranne obtenu par cette méthode est assez pur et après deux distillations le taux d'azote est voisin de la valeur théorique; son indice, n_D^{20} 1,5526, est nettement supérieur à la valeur précédemment signalée [(1), p. 579].

La deuxième méthode de préparation du α-méthylanilinotétrahydro-

pyranne, à partir de la méthylaniline et du α-hydroxytétrahydropyranne, est beaucoup moins intéressante. En utilisant les réactants en proportions équimoléculaires le rendement plafonne à 50 % après 2 000 h de contact à 17-19°, encore s'agit-il d'un mélange contenant 50 à 60 % d'aminoépoxyde. La réaction est donc très lente, elle est concurrencée par la résinification de l'hémiacétal qui devient prépondérante à température plus élevée.

L'aminoépoxyde ainsi obtenu est souillé d'au moins deux produits non azotés dont l'un a un point d'ébullition voisin de celui du corps à isoler. La purification par distillation est incomplète; deux tours de distillation font passer la teneur en azote de 57 à 84 % de la théorie, mais il faut quatre autres tours de distillation pour atteindre, au prix de pertes importantes, un échantillon titrant 92,7 % de l'azote théorique. Cet échantillon diffère du précédent par son indice nettement plus faible : n_D^{19} 1,5480. Tous deux renferment le même aminoépoxyde; leur hydrolyse fournit en effet le ω-hydroxypentanal et la méthylaniline. L'amine a été isolée à l'état d'exalgine avec un rendement supérieur à 81 %; l'aldéhyde alcool est précipité sous forme de dinitro-2.4 phénylhydrazone avec un rendement supérieur à 86 %.

L'hydrogénation catalytique des deux échantillons d'aminoépoxyde fournit avec un rendement supérieur à 78 % un même aminoalcool, le N-méthylanilino-5 pentanol-1 qui a été authentifié par sa transformation en phényl-1 pipéridine avec un rendement supérieur à 68 %. Les deux échantillons de pipéridine donnent un même picrate qui, seul ou en mélange avec un produit de structure certaine, fond à 140°.

(tétrahydropyrannyl-2)$-N(C_6H_5)(CH_3)$ $\xrightarrow{H_2,\ Ni\ R}$ $HO(CH_2)_5-N(CH_3)(C_6H_5)$ $\xrightarrow{SO\,Cl_2}$ $Cl(CH_2)_5-\overset{+}{N}H(C_6H_5)(CH_3)\ \overset{-}{Cl}$

$\xrightarrow{Na\,OH\ aq.}$ $Cl(CH_2)_5-N(C_6H_5)(CH_3)$ $\xrightarrow[30\ h\ à\ reflux]{C_6H_6}$ (pipéridinium) $\overset{+}{N}(C_6H_5)(CH_3)\ Cl^-$

$\xrightarrow{Pyrolyse}$ (pipéridine) $N-C_6H_5$

α-(N-méthylanilino) tétrahydropyranne. — $C_{12}H_{17}NO$: $\acute{E}_{0,4}$ 97°,5; $E_{1,1}$ 106°; n_D^{20} 1,5526; d_4^{20} 1,049; R. M. 58,31 (calculé 58,25 en attribuant au groupement $C_6H_5N\langle$ l'incrément 28,9 déduit des constantes physiques d'amines aromatiques secondaires). N %, trouvé 7,27, calculé, 7,31.

Méthylanilino-5 pentanol-1. — $C_{12}H_{19}NO$: $\acute{E}_{0,9}$ 139°; n_D^{18} 1,5501; d_4^{18} 1,013; R. M. 60,78 (calculé 60,93). N %, trouvé 7,27; calculé, 7,25.

(*) Séance du 16 juillet 1958.

(1) Ch. Glacet, *Bull. Soc. Chim.*, 1954, p. 577 et 579.

(2) J. S. Fritz, *Analyt. Chem.*, 22, 1950, p. 1028.

(*Chimie générale et organique, Faculté des Sciences de Lille.*)

MINÉRALOGIE. — *Étude en microscopie électronique de l'altération des cristaux de kaolinite par une solution magnésienne*. Note de Mme **Agnès Oberlin** et M. **Cyril Tchoubar**, présentée par M. Georges Chaudron.

Une étude comparative des altérations de la kaolinite par l'eau pure et par une eau magnésienne, a mis en évidence l'existence de trois clivages parallèles aux faces latérales des particules. Cette étude a montré également l'influence des conditions paléogéographiques sur les variations de faciès de la kaolinite.

L'étude en microscopie électronique de nombreux échantillons de kaolinite en provenance du Sahara Central, a mis en évidence des variations de faciès qu'on peut relier à divers processus d'altération. En effet, à côté de la kaolinite normale, se présentant sous forme de plaquettes pseudo-hexagonales bien formées, on rencontre deux autres types principaux d'aspects :

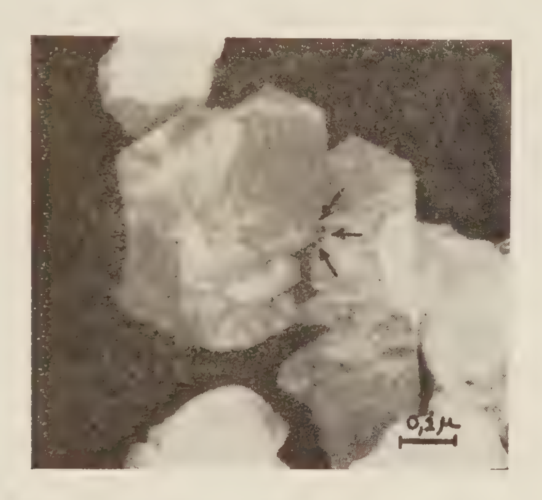
— d'une part des particules bien formées plus ou moins enroulées et repliées sur les bords, qui proviennent toujours de gisements d'origine continentale ([1]);

— d'autre part, des particules pseudo hexagonales malformées et petites correspondant à un milieu saumâtre ou marin ([2]).

Il a été possible d'attribuer le repliement des plaquettes à une altération purement climatique. Ce type d'attaque a été reproduit expérimentalement au laboratoire en soumettant l'argile à une alternance de dessiccations et percolations par l'eau pure ([3]), ([4]). Dans le travail que nous allons exposer, nous avons tenté de montrer que l'existence de particules mal formées était reliée à l'action des sels en solution dans l'eau, au contact de l'argile. Nous comparerons les résultats obtenus en microscopie et diffraction électroniques pour les différents modes d'altération.

L'analyse de nombreuses eaux saumâtres montre la prédominance de ClNa et SO_4Mg. Pour nous rapprocher des conditions naturelles, nous avons choisi d'abord un milieu riche en ions Mg^{++}, l'influence des ions Na^+ faisant l'objet d'un travail en cours. Un échantillon de kaolinite a donc été soumis à une alternance de séchages et d'humidifications par une eau contenant 21 g/l de sulfate de magnésium. Les conditions opératoires sont restées analogues à celles utilisées dans le premier travail ([3]). Lors de l'altération par une eau magnésienne, l'échantillon montre une variation de faciès très différente de celle de l'attaque par l'eau pure. En effet, dans ce dernier cas, on a constaté dès le début du traitement, un clivage des microcristaux parallèlement au plan (001), sans modification nette de leur diamètre moyen. La répétition de ce clivage a conduit finalement à la disparition de la périodicité suivant la rangée [001]. Il a été montré,

à l'aide de la diffraction électronique, qu'on obtenait alors de la méta-halloysite ([4]). Au contraire, l'altération par une solution chargée d'ions Mg^{++} provoque une diminution considérable du diamètre moyen des plaquettes, le terme ultime de l'attaque étant des particules très petites, mal formées et à contours très irréguliers. Au cours du traitement, les microcristaux commencent par s'entailler sur une faible épaisseur à partir des bords. Des petits fragments hexagonaux se détachent, laissant subsister des hexagones plus minces que les plaquettes initiales. Chacun des fragments arrachés constitue d'emblée le terme ultime de l'altération. Les ruptures se font dans la face (001) elle-même, parallèlement aux côtés des particules (*voir* les flèches sur le cliché). L'enlèvement renouvelé des fragments conduit finalement à une série de pseudo-hexagones mal formés et assez monodisperses.



L'étude en diffraction électronique des produits d'altération a montré que, dans ce cas, la kaolinite persiste pendant toute la durée du traitement.

Le processus d'attaque est très différent de celui de l'eau pure. Dans ce dernier cas, le mécanisme d'action se réduit à une série de rétractions et de dilatations successives tendant à rompre les liaisons entre les feuillets. L'attaque par l'eau pure accentue donc un phénomène déjà connu : le clivage basal (001) facile de la kaolinite. Lors de l'altération par une eau magnésienne, d'autres phénomènes viennent se superposer à l'action mécanique de la percolation-dessiccation. Il est possible de supposer que les ions Mg^{++} présents dans la solution se fixent sur les faces latérales des hexagones formant ainsi des ponts entre les valences brisées des divers feuillets. On peut également penser que le rôle du sulfate de magnésium est dû, non à une fixation des ions Mg^{++}, mais à une précipitation sur les mêmes faces de l'hydroxyde $Mg(OH)_2$ qui assure le collage latéral

des feuillets. Quelle que soit l'hypothèse choisie, le fait essentiel reste l'augmentation de la cohésion d'une particule, c'est-à-dire le blocage partiel du clivage basal (001). L'action alternée de l'humidification et du séchage s'attaquant à un édifice renforcé suivant la perpendiculaire à la face (001), c'est cette même face qui se rompra de préférence. Les directions de rupture représentent, pour la kaolinite, trois clivages difficiles analogues à ceux qui apparaissent sur le mica par figure de percussion.

En conclusion, le travail comparatif entre l'action de l'eau pure et d'une eau riche en sulfate de magnésium a mis en évidence, dans la kaolinite, trois clivages difficiles parallèles aux faces latérales des particules. De plus, les conditions expérimentales dans lesquelles ont été effectuées les attaques montrent l'influence des conditions paléogéographiques sur les variations de faciès de la kaolinite. En effet, il devient logique de trouver des plaquettes bien formées plus ou moins enroulées dans les gisements ayant été uniquement en contact avec des eaux douces. De même, à un milieu saumâtre ou marin correspondra une kaolinite à particules petites et mal formées.

(1) A. Oberlin, J.-M. Freulon et J.-Ph. Lefranc, *Bull. Soc. franç. Minér. Crist.*, 81, 1958, p. 1-4.

(2) A. Oberlin et J.-M. Freulon, *Bull. Soc. franç. Minér. Crist.* (sous presse).

(3) A. Oberlin et C. Tchoubar, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 1624.

(4) A. Oberlin, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 1258.

(*Laboratoire de Minéralogie de la Sorbonne.*)

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Structure à grande échelle du polyéthylène.* Note de Mme **Bella Belbeoch** et M. **André Guinier**, présentée par M. Georges Chaudron.

De nombreux polymères en chaîne donnent des diagrammes de diffraction de rayons X aux petits angles, diagrammes qui sont provoqués par des particularités de structure à une échelle de l'ordre de 100 à 200 Å, c'est-à-dire grande par rapport à la maille cristalline ($\sim$ 5 Å), et petite par rapport à la longueur de la molécule ($\sim$ 3 000 Å).

Prenant comme exemple le polyéthylène dont la structure cristalline est simple et bien connue, nous avons étudié systématiquement de quoi dépend le diagramme observé. Le poids moléculaire n'a que peu d'influence : cependant, il y a des différences entre les polyéthylènes préparés à haute et basse pression. Les facteurs importants sont les *traitements mécaniques et thermiques* subis par l'échantillon et la *température d'observation.*

Nous avons classé les diagrammes en quatre types, entre lesquels existent d'ailleurs des formes de transition :

1° Un échantillon obtenu par solidification du polyéthylène fondu donne une tache de diffusion centrale, de symétrie circulaire avec un renforcement d'intensité en anneau, dont la distance au centre dans l'espace réciproque s, est telle que $1/s = \lambda/2 \sin\theta \sim 200$ Å ;

2° Le fil étiré, après striction, donne un diagramme avec deux courtes raies normales à l'axe de fibre, symétriques par rapport au centre, à une distance s telle que $1/s \sim 100$ Å à 20° C ; le paramètre $1/s$ augmente avec la température d'étirage ($1/s = 140$ Å à 70° C et 170 Å à 90° C);

3° Quand le fil étiré est soumis à un recuit à température inférieure à 100° C (relaxation partielle), le diagramme comporte quatre petites taches floues aux extrémités des deux raies précédentes. Quand la température de recuit croît, les taches se rapprochent de l'axe et leur distance le long de l'axe décroît aussi;

4° Quand la relaxation est complète, nous avons vérifié par des diagrammes effectués à haute température que le polyéthylène passe par un état complètement amorphe. De retour à l'ambiante, *il recristallise.* Le diagramme central ne comprend que deux taches intenses symétriques situées sur l'axe à une distance s telle que $1/s = 170$ à 200 Å.

L'interprétation détaillée de ces observations a été discutée par l'un de nous [1]. Nous résumerons ici les conclusions les plus nettes. L'origine des diffractions aux faibles angles est l'hétérogénéité de la matière, qui comprend, d'une part, des régions cristallines à grande densité, et d'autre part, des régions désordonnées de densité plus faible, variable d'ailleurs, depuis les parties où les chaînes sont tassées les unes contre les autres jusqu'à de véritables cavités. En effet, la diffusion centrale disparaît à la température où l'ensemble devient amorphe et homogène. Les variations des diagrammes correspondent à des changements de la répartition des parties cristallines et amorphes.

On a trop souvent tendance, par analogie avec les diagrammes de cristaux, à voir dans des maximums de diffusion l'indice d'une structure périodique. En réalité, des structures non périodiques peuvent donner naissance à des accidents nets sur des diagrammes aux faibles angles. Nous pensons que c'est le cas des polyéthylènes dans un état stable, cristallisé ou recristallisé (relaxé après étirage). Un modèle vraisemblable qui rend compte des expériences est formé de domaines cristallisés entourés d'une frange désordonnée à faible densité. Du diagramme on peut déduire une forme moyenne du domaine centrosymétrique qui produit la même diffusion : par exemple, un cylindre dense de 45 Å de rayon entouré d'un cylindre peu dense de 150 Å de rayon, la hauteur des cylindres étant de l'ordre de 100 Å.

Dans l'état recristallisé, les domaines et les chaînes qu'ils contiennent sont orientés par rapport à l'axe de fibre, alors qu'ils sont répartis de façon isotrope dans l'échantillon de première solidification.

Dans le polyéthylène étiré, les actions mécaniques ont rendu les chaînes parallèles à l'axe. Le long de cet axe, il y aurait alternance des régions cristallisées et désordonnées. Il semble qu'il y ait dans ce cas, une tendance à la périodicité (période de 100 à 170 Å selon la température d'étirage). Le modèle de Hess et Kiessig ([2]) est vraisemblable. Mais le nombre de motifs peut être *très* faible et la fluctuation de l'un au suivant assez importante; en outre, la variation de densité serait graduelle; c'est pour cela qu'on n'observe que le premier ordre de diffraction et que cette raie est assez floue.

En plus de l'ordre suivant l'axe, il y aurait un ordre latéral dans les échantillons après une faible relaxation.

La cause qui détermine la taille des domaines cristallisés ou la valeur des pseudo-périodicités suivant l'axe de fibre nous est encore inconnue.

Il est certain qu'elle ne se rattache pas à la structure de la molécule (par exemple à ses branchements).

Il est intéressant de rapprocher les polyéthylènes des paraffines à petit nombre d'atomes de carbone. Mais dans les paraffines, la longueur de la maille est égale à la longueur de la molécule ou au double, suivant la parité du nombre de carbones; d'où une périodicité le long de l'axe très bien définie pour une paraffine pure, croissant avec le nombre de carbones.

On a mesuré ainsi pour $C_{46}H_{94}$: 59 Å et $C_{58}H_{118}$: 73,7 Å. Nous avons constaté aussi que le cristal mixte à 50 % de paraffines à 46 et 58 carbones donnait une périodicité bien définie correspondant à la longueur de la molécule moyenne, 65 Å [résultat qui est différent de l'observation de S. Barbezat sur les paraffines plus courtes ([3])]. Par contre, les très longues chaînes dans les polyéthylènes présentent une périodicité indépendante de la longueur de la chaîne mal définie et de l'ordre de 100 Å, ce qui correspondrait à 80 carbones. Entre les deux cas, la transition ne nous est pas connue. Il serait intéressant d'étudier le comportement de paraffines de C_{50} à C_{100} pour voir la transition entre la structure des paraffines bien cristallisées, et celle des polyéthylènes. Nos expériences avec les mélanges de paraffines montrent qu'il ne serait pas indispensable de pouvoir isoler une molécule bien définie, mais simplement de fractionner des mélanges de poids moléculaires progressivement croissants.

([1]) B. Belbeoch, *Thèse Ing. Doct.*, Paris, 1958.

([2]) K. Hess et H. Kiessig, *Naturwis*, 31, 1943, p. 17; *Koll. Z.*, 130, 1953, p. 10.

([3]) S. Barbezat, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 2907.

GÉOLOGIE. — *Sédimentologie et Géophysique.* Note (*) de M. NICOLAS OULIANOFF, présentée par M. Paul Fallot.

Certains problèmes concernant la sédimentation peuvent être examinés utilement en s'éclairant des lumières de la Géophysique. J'entends ici en particulier trois de ces problèmes :

1. le mécanisme de l'élimination partielle des eaux contenues primitivement et en abondance dans les sédiments, et leur durcissement;

2. la présence des sédiments grossiers loin des rivages, dans la mer ouverte;

3. le maintien prolongé en suspension des particules fines.

1*a*. Pour résoudre le *premier problème*, on évoque l'idée de la pression du matériel superposé qui s'accumule de plus en plus avec le temps.

2*a*. Selon la logique simplifiée des phénomènes, le matériel meuble grossier doit se sédimenter près des rivages. « On admet donc comme un axiome (Stetson, 1939) que les sédiments deviennent de plus en plus fins avec l'augmentation de la distance en partant des rivages, et avec la profondeur de plus en plus grande de la mer » (1).

Or, par les sondages des expéditions océanographiques de ces dernières années, on a pu constater la présence des sables bien classés à de grandes profondeurs et loin des rivages, où leur présence semble *insolite* [d'après l'expression d'Aug. Lombard (2)]. Donc l' « axiome » formulé plus haut n'est « juste qu'en partie, de nombreuses exceptions contestant sa généralisation » [Stetson (1)]. Shepard (3) cherche à expliquer ce phénomène « illogique » par l'intervention de courants de turbidité. Mais Stetson (1), en se basant sur les résultats de nombreux sondages, insiste sur le fait que les vagues et les courants des marées ne sont plus capables de trier les sédiments déposés sur les fonds dépassant 60-70 m de profondeur. Une autre hypothèse concernant ce problème veut voir là l'effet de glissements sous-marins.

3*a*. Enfin, on considère que ce sont les courants marins qui favorisent le maintien de fines particules terrigènes en suspension.

Toutes ces explications, toutes ces hypothèses ne tiennent compte que des effets des forces mécaniques locales. Or sur la Terre tout entière s'exercent des forces mécaniques de caractère beaucoup plus général. Nous entendons ici les effets des tremblements de terre, du volcanisme, des marées, des tempêtes, des changements de la pression atmosphérique. L'action combinée de tous ces phénomènes se manifeste sous forme de vibrations. Les *tremblements de terre* sont très fréquents. Leur recensement augmente statistiquement en fonction du perfectionnement des séismographes. Les *marées*, *les tempêtes*, *les variations de la pression atmosphérique* font aussi vibrer la croûte terrestre. Les effets de ces phénomènes sont d'une si grande importance qu'ils déterminent les variations altimétriques de la croûte terrestre. Les gravimètres modernes les enregistrent avec une grande précision à une distance de milliers de kilomètres de la côte océanique (enregistrement des marées par exemple). L'effet conjugué

de toutes ces forces s'exprime par la *vibration perpétuelle de toute la croûte terrestre*. Les amplitudes de ces vibrations varient d'une place à l'autre et d'un moment à l'autre, car l'effet total dépend des *variations des effets* différentiels résultant de diverses causes locales, ainsi que de leurs *interférences* éventuelles. Certaines causes (les marées en particulier) sont plus régulières que les autres. Au sujet des marées, il faut aussi remarquer que leur effet (notamment la variation de la pression) s'exerce d'une façon plus importante sur le fond des mers que sur les masses continentales.

Revenons maintenant aux trois problèmes formulés au début de cette Note, et examinons la répercussion de la vibration perpétuelle de la croûte terrestre sur le mécanisme de la sédimentation.

1. *L'élimination de l'eau excédante* sous l'influence du poids des masses qui continuent à s'accumuler, ne pourrait pas se produire toujours vers le haut. A un certain moment les couches argileuses forment des barrages imperméables. L'élimination de l'eau latéralement se produit très bien lors des expériences sous presse hydraulique, au laboratoire. Mais dans la nature, la grande extension des sédiments représente un obstacle insurmontable pour l'écoulement des eaux suivant le plan des couches. On imagine alors l'apparition, dans les couches inférieures, de cassures capables d'absorber l'eau éliminée par la pression. Il est pourtant assez malaisé d'admettre la réalité de ces cassures dans la masse des sédiments imbibés d'eau. Par contre, la vibration perpétuelle du fond marin est une réalité qui nous explique le mécanisme de l'augmentation successive de la densité et de la compacité des sédiments à la suite de l'élimination de l'eau excédante. Ce processus peut être comparé à celui que met en jeu la technique moderne de construction, notamment avec le *béton vibré*. L'effet de ce procédé réside justement dans l'élimination vers le haut d'une partie de l'eau, qui empêche le durcissement de la masse. De même, dès le début de la sédimentation sur le fond rocheux de la mer, la compacité des sédiments commence à augmenter à la suite de l'effet produit par la vibration de la Terre.

2. L'explication par les glissements sous-marins de la *présence du matériel meuble loin des rivages et à une grande profondeur* n'est nullement satisfaisante. Les sondages effectués par les expéditions océanographiques révèlent de plus en plus fréquemment la découverte de ces gisements « anormaux » de sable. Donc, il ne s'agit pas là de cas exceptionnels qui résulteraient de l'existence d'une dénivellation brutale dans la morphologie du fond marin et qui favoriserait un « glissement » des sédiments. En général la plateforme continentale est très faiblement inclinée vers la zone abyssale. Or, le déplacement du matériel détritique sur les pentes à faible déclivité n'est possible que grâce à l'intervention d'une force physique qui faciliterait ce « glissement », car la gravitation seule ne suffit plus.

Tels sont, dans le cas des solifluxions, le gel et le dégel, ou encore l'infiltration de petits filets d'eau. Ni l'un ni l'autre de ces facteurs n'existe sur le fond de la mer. Par contre, si une pente très douce est soumise à une vibration, l'eau qui imbibe les sédiments étant mise en agitation elle aussi, entraîne inévitablement le matériel meuble à se déplacer et ceci dans la direction du pendage, soit, dans notre cas, vers les plus grandes profondeurs et en s'éloignant des rivages. Ce cas est à comparer avec l'effet des tables à secousses, employées pour la préparation des minerais.

3. *Les particules terrigènes argileuses* restent longtemps en suspension étant transportées par les courants marins très loin de leur origine. Ce fait est important pour expliquer certains phénomènes qui sont du domaine de la géochimie. Toutefois les particules terrigènes ne peuvent pas rester longtemps en suspension (sauf au cas de véritables solutions colloïdales), une fois sorties des zones, très localisées, d'eaux turbulentes. Mais du moment que le fond marin vibre, ce mouvement se transmet inévitablement dans toute la masse d'eau qui le couvre. Or, les produits en suspension sont très sensibles aux dérangements de l'état statique des solutions (effet thixotropique). Les vibrations qui parcourent la masse du dissolvant (dans notre cas toute la masse d'eau de mer) *favorisent* le maintien des particules en suspension et, par conséquent, leur *transport à de grandes distances* avant qu'elles finissent par se coaguler et précipiter quelque part, sous l'influence du changement du pH du milieu.

Conclusion. — L'intensité des vibrations perpétuelles du fond des mers est loin d'être partout identique à elle-même. Ses variations ont inévitablement et en tous lieux une répercussion sur le mécanisme de la sédimentation.

Les sédimentologues auraient sans doute intérêt à tenir compte dans leurs interprétations des pulsations qui, à divers degrés, affectent ainsi sans arrêt la croûte terrestre et la masse océanique.

(*) Séance du 16 juillet 1958.

(1) H. C. STETSON, dans le Symposium *Recent marine sediments*, 1939, publié par l'*Assoc. of. petr. geol.*

(2) AUG. LOMBARD, *Géologie sédimentaire*, Paris, 1957.

(3) F. P. SHEPARD, *Soc. Econ. Pal. and Min.*, sp. publ. n° 2, 1951.

GÉOLOGIE. — *Les accumulations de quartzite à minerai de fer dans la chaîne du Simandou (Guinée française).* Note (*) de MM. **MAXIME LAMOTTE, GABRIEL ROUGERIE** et **IVAN GODFRIAUX**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Une précédente Note (1) définissait la série stratigraphique isoclinale, pincée dans le socle, sur laquelle se moule la chaîne du Simandou. A l'état

normal, cette série présente de la base au sommet, sur une épaisseur de 900 m, la succession de trois ensembles pétrographiques : quartzites clairs à muscovite et parfois amphibole tectonisés et souvent mylonitisés (ensemble A), quartzites à magnétite et oligiste (ensemble B), enfin schistes et quartzites schisteux (ensemble C).

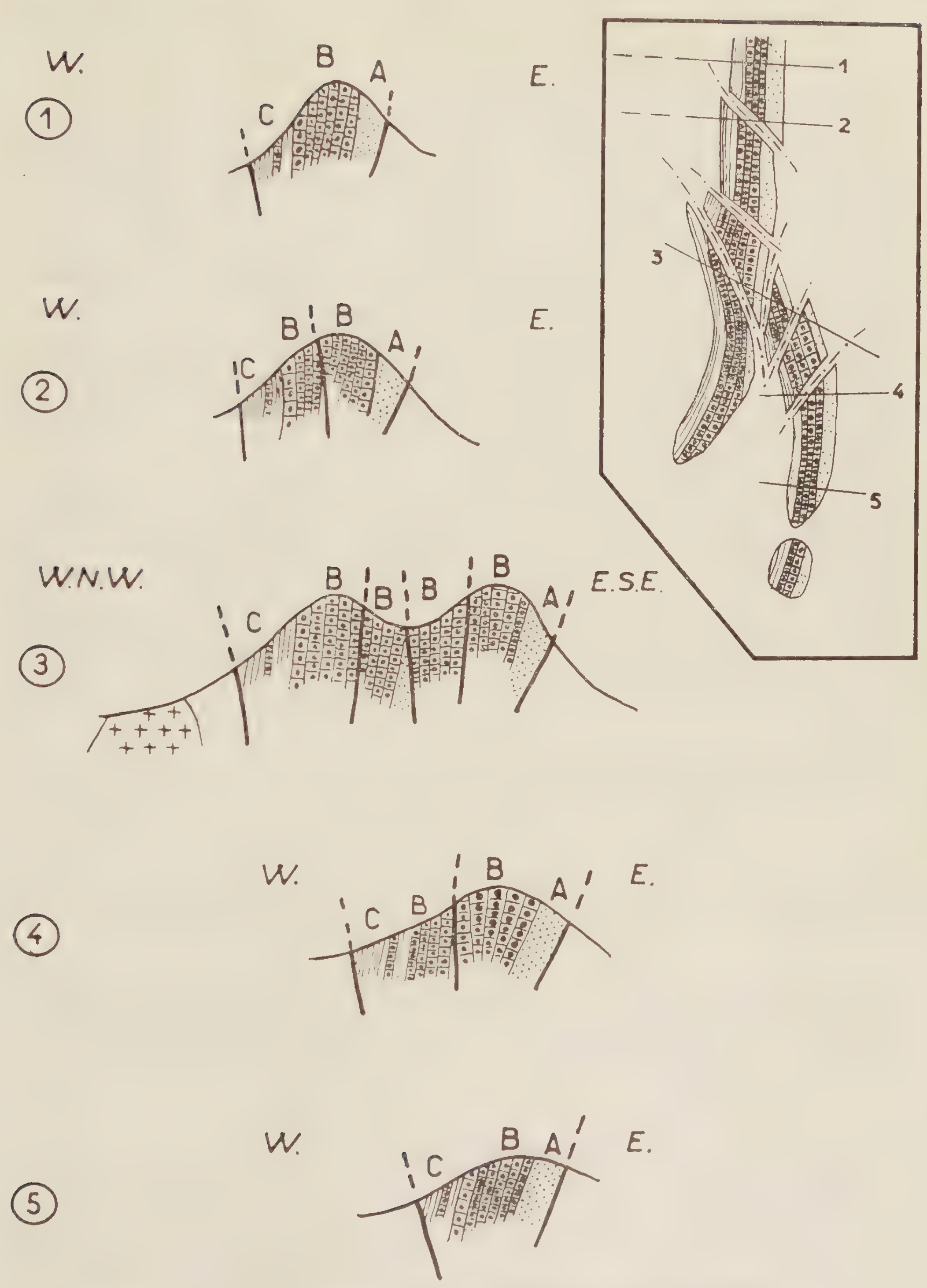
Au long de son affleurement, la série est affectée de modifications importantes sur lesquelles reposent les différenciations morphologiques de la chaîne.

Au col de Lamadougou, entre les deux termes extrêmes de la série, quartzites clairs et schistes supérieurs, les quartzites à magnétite intercalaires présentent une puissance de 500 m, contre 300 dans le dispositif stratigraphique normal. Vers le milieu de leur affleurement, une brèche à gros blocs anguleux s'insinue entre des bancs de quartzite à magnétite verticaux extrêmement tectonisés et affectés de stries tectoniques horizontales; les schistes interstratifiés de la série normale ont disparu. Vu en plan, l'accident apparaît comme un décrochement longitudinal de quelques centaines de mètres d'amplitude, sorte de gigantesque fracture « en sifflet » de l'axe rigide que constituent les quartzites à minerai.

Au Signal de Foko, également entre les deux termes extrêmes conservés sur les flancs du relief, les quartzites à magnétite internes atteignent une puissance de 1000 m (voir *fig.*). Vers le milieu de leur affleurement, une brêche de faille jalonne une zone déclive du relief sommital. Constituée de blocs de quartzite à magnétite, mais aussi de quartzite à amphibole (appartenant normalement au sommet du troisième terme de la série), elle coexiste avec des murs de quartzite à magnétite striés obliquement et longés, à altitude constante, par tout un alignement de grottes et de dépressions. Sur les 800 premiers mètres de l'affleurement quartzitique vers l'Est, les schistes interstratifiés ne sont pas décelables, tandis que les 250 derniers mètres vers l'Ouest offrent la physionomie habituelle de la formation.

Au Pic de Fon, le phénomène se complique encore, en même temps que l'épaisseur des affleurements de quartzite à magnétite atteint plus de 1200 m. Vers l'Est, leurs termes inférieurs traduisent la même duplication que dans les exemples précédents; vers l'Ouest, leurs termes supérieurs, superposés aux schistes intercalaires dans la série normale, sont eux-mêmes affectés d'une multiplication en bancs discontinus alternant avec des passées de schistes profondément tectonisés. En plan, le dispositif se présente comme un axe rigide affecté de multiples fractures plus ou moins déjetées, au droit desquelles des esquilles détachées du système doublent latéralement, à quelque distance, l'ossature principale.

Une structure analogue se retrouve au Diodio, une cinquantaine de kilomètres plus au Nord.



Structure tectonique de la terminaison Sud de la chaîne du Simandou, au Signal de Foko.

Des accumulations de quartzites à magnétite ponctuent ainsi de loin en loin le déroulement linéaire de la chaîne, entre des isthmes où les puissances et la disposition de la série normale sont conservées. Nées de multiplications locales des bancs de quartzites à magnétite, elles apparaissent liées à une tectonique de décollements et de glissements intrasériels.

A l'intérieur d'un grand fossé ouvert dans le socle, la série isoclinale du Simandou a été affectée par une dynamique caractérisée par un déplacement longitudinal différentiel des matériaux qui la constituaient. Les bancs du matériau le plus résistant se sont déplacés le long de plans de glissement réalisés par les couches schisteuses tenant lieu de lubréfiant. Bien plus rigides, ces bancs de quartzite à magnétite se sont brisés et, poursuivant leur glissement dans le sens longitudinal conforme à la schistosité de la série, sont parvenus en certains points à se chevaucher, laminant ici les couches schisteuses et déterminant ailleurs des brèches suivant les plans de friction entre bancs rigides.

Appliquée à un matériel hautement rigide et disposé en bancs initialement peu importants interstratifiés avec des formations plastiques, cette tectonique ne s'est pas traduite par des plissements, mais par des ruptures des bancs, avec chevauchements et entassements. Le résultat de ce télescopage est dans les accumulations locales de couches de quartzites à magnétite redressées presque à la verticale, qui sont à l'origine d'importants volumes montagneux et constituent des gisements importants de minerai de fer.

(*) Séance du 16 juillet 1958.

(1) *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 2243.

GLACIOLOGIE. — *Contribution à la théorie du frottement du glacier sur son lit.* Note (*) M. **Louis Lliboutry**, présentée par M. Léon Moret.

L'introduction d'un troisième mécanisme de franchissement des protubérances permet d'expliquer l'indépendance du frottement dynamique vis-à-vis de la vitesse, la valeur plus élevée du frottement statique (et donc le mouvement par saccades), l'accélération du glacier aux époques chaudes, et enfin l'usure caractéristique qui conduit à des roches moutonnées.

Une théorie du frottement sur le lit doit tenir compte des faits d'observation suivants :

1° Le frottement dynamique est sensiblement constant et voisin de 1 bar (pour la Mer de Glace j'ai trouvé 1,0 bar et 2 % moins lorsque la vitesse de glissement passait de 100 à 130 m/an), tandis que le frottement statique est voisin de 2 bars (1).

2° La vitesse du glacier augmente en été, au milieu de l'après-midi et après une période de beau temps, autrement dit toutes les fois que l'eau de fonte est abondante sous le glacier ([2]).

Par ailleurs le fluage permanent de la glace obéit à la loi de Glen : $\dot{\varepsilon} = B\tau^n$, en appelant $\dot{\varepsilon}$ et τ des « valeurs efficaces », définies à partir des deuxièmes invariants du tenseur des vitesses de déformation et du déviateur des tensions ([3]). En prenant l'an et le bar pour unités, $B = 0,148$ et $n = 4,2$. Mais l'intervention du fluage transitoire et la texture orientée de la glace au voisinage du lit doivent abaisser considérablement la valeur de n ([4]).

Seuls à ma connaissance Koechlin ([5]) et Weertman ([6]) ont envisagé le mécanisme du frottement. Koechlin trouve pour le frottement par unité d'aire : $f = r\sigma_c$, si σ_c est la charge « d'écrasement » de la glace (22 bars), et r la rugosité du lit (taille des protubérances distance entre elles). r est de l'ordre de 0,05 pour un lit de rivière. Quant à Weertman, il envisage deux mécanismes : A. La glace fond devant la protubérance et regèle derrière. B. La glace contourne la protubérance.

J'ai adopté le schéma suivant du lit, plus réaliste que celui de Weertman, qui ferait apparaître des coins de glace morte. Le lit porte des cannelures transversales, et son profil en long est une sinusoïde : $z = (a/2)\sin(2\pi x/\lambda)$, avec $a = r\lambda$.

Le processus A conduit à un frottement f_A :

$$f_A = \frac{av}{2K} \qquad \text{avec} \quad K = \frac{Ck}{3L\rho} = 5,4\ \text{cm}^2/\text{an. bar},$$

(v, vitesse de glissement; C, abaissement du point de fusion par unité de pression; k, conductibilité calorifique de la roche; $L\rho$, chaleur de fusion par unité de volume).

Le processus B conduit à un frottement f_B, sensiblement égal à

$$f_B = \left(\frac{\pi}{2}\right)^3 r^{1+\frac{2}{n}}\left(\frac{2v}{aB}\right)^{\frac{1}{n}}.$$

Les deux frottements sont égaux et égaux à f_c lorsque v et a valent respectivement :

$$v_c = \sqrt{KB}\left(\frac{\pi}{2}\right)^{\frac{3n}{2}} r^{1-\frac{n}{2}} f_c^{\frac{n+1}{2}}, \qquad a_c = \frac{2Kf_c}{v_c}.$$

Dans un lit réel où il y a des protubérances de toutes les tailles, le frottement sera sensiblement égal à f_c comme le dit Weertman, mais il s'agit là du *frottement « statique »* (v, négligeable). Lorsque le glissement est appréciable apparaît un troisième mécanisme de franchissement des protubérances :

C. La glace ne repose que sur les sommets et du côté amont des protubérances et décolle du côté aval. Entre la glace et le rocher il peut y avoir de

l'eau à la pression hydrostatique p. Si e est l'épaisseur de glace et ρg son poids spécifique, le décollement se produit lorsque $f_B > f_d$, avec $f_d = (\pi/2)\, r(\rho ge - p)$. Ce processus introduit un frottement qui varie en sens inverse de la vitesse, sensiblement égal à

$$f_C = \frac{\pi\sqrt{3}}{2}\sqrt{\frac{aB}{v}}\left(\frac{\rho ge - p}{\sqrt{3}}\right)^{1+\frac{n}{2}}.$$

On a sensiblement $f_B = f_C = f_d$ lorsque

$$\frac{a}{v} = \frac{a_d}{v_d} = \frac{r^2}{B}\left(\frac{\sqrt{3}}{\rho ge - p}\right)^n.$$

Pour une vitesse de glissement donnée, se produit, à chaque protubérance, le mécanisme donnant le frottement moindre. Le processus B permet de franchir les protubérances de taille supérieure à a_d (ou à a_s), le processus C (ou A), celles de taille inférieure. Le *frottement dynamique* d'un ensemble de protubérances de toutes les tailles est voisin de f_d. Il est proportionnel à la rugosité du lit et indépendant de la vitesse, comme l'avait pressenti Koechlin. Il diminue lorsque la pression de l'eau sous-glaciaire croît (chenaux se mettant en charge).

Avec les valeurs relatives à la Mer de Glace ($\rho ge = 13$ bars; $r = 0{,}05$; $v_d = 100$ m/an; $f_d = 1{,}0$ bar; $f_s = 2$ bars), et en prenant $n = 2$ à 3, on trouve a_d de l'ordre du centimètre, a_s du demi-millimètre, v_s du millimètre par an.

On aboutit à des conclusions très intéressantes pour la morphologie glaciaire : ce sont les protubérances de taille voisine de a_d sur lesquelles le frottement est le plus fort et qui seront donc usées en premier lieu : *l'usure par le glacier est sélective*. Cela explique l'aspect des roches moutonnées.

Reste à expliquer pourquoi les frottements dynamiques calculés sont toujours voisins de un bar. Si le frottement était plus fort, par suite d'une forte rugosité, il apparaîtrait sans doute des failles parallèles au lit, et les creux seraient colmatés par des coins de glace morte (ou de sol gelé). Si le frottement est trop faible dans une région étendue, toutes les tensions de cisaillement dans le glacier devant lui être inférieures, les sinuosités et changements de pente de la vallée opposent à la progression du glacier un obstacle insurmontable, et il ne glisse pas. Le frottement dynamique ne peut être nettement inférieur à un bar que dans une zone très petite, et l'on ne sait mesurer que le frottement moyen sur une zone étendue.

(*) Séance du 7 juillet 1958.

(1) L. Lliboutry, *Comptes rendus*, 247, 1958, p. 114 et 228.

(2) R. Sharp, *Bull. Geol. Soc. of Amer.*, 65, 1954, p. 821.

(3) J. Nye, *Proc. Roy. Soc.*, A 239, 1957, p. 113.

(4) S. Steinemann, *Publ. n° 39 de l'A. I. H. : Assemb. Génér. Rome*, 4, p. 449.

(5) R. Koechlin, *Les glaciers et leur mécanisme* (Lausanne, 1944), p. 98.

(6) J. Weertman, *J. of Glaciology*, 3, 1957, p. 33.

GÉOPHYSIQUE. — *Enregistrements séismiques d'explosions nucléaires.* Note (*) de Mme **Yvonne Labrouste**, présentée par M. Pierre Tardi.

Les enregistrements séismiques d'explosions nucléaires permettent de déterminer les coordonnées géographiques du lieu de l'explosion à mieux que 10 km près. Les observations faites permettent en outre de préciser les durées de propagation des ondes séismiques.

La Commission de l'Énergie Atomique des États-Unis a récemment publié certaines données relatives aux explosions nucléaires exécutées de 1954 à 1957.

Or, pour quatre des explosions de 1954 (28 février, 26 mars, 25 avril et 4 mai), j'avais pu, à l'époque, calculer les coordonnées géographiques de l'origine en utilisant les documents dont je disposais à ce moment-là ([1]). Bien que cette étude n'ait pas fait l'objet d'une Publication, il n'est pas sans intérêt de comparer les résultats que j'avais alors obtenus avec les données actuellement publiées.

Explosion du 28 *février.* — Les seules données utilisables dans la détermination de l'origine étant les heures d'arrivée des ondes P en cinq stations ([2]), j'avais adopté, en raison du petit nombre de ces données, la méthode de calcul par approximations successives dite « par déplacement de l'épicentre ». Le calcul des distances a été fait au moyen des coordonnées géocentriques qui tiennent compte de l'aplatissement de la Terre. En adoptant comme coordonnées géographiques de l'origine 11° 40′ N et 165° 20′ E, on trouve pour l'heure de l'explosion, en utilisant les Tables de Jeffreys et Bullen et en appliquant aux durées de propagation la correction d'ellipticité : 18 h 44 m 58,2 s ± 0,5.

Si, comparant les heures d'arrivée des ondes P à l'heure origine ci-dessus, on en déduit les distances correspondantes, les cinq points qu'on peut ainsi définir comme origine, à partir des cinq stations, se trouvent par rapport au point 11° 40′ N et 165° 20′ E dans un cercle de 14 km de rayon, ce qui correspond bien à l'erreur que comporte l'observation des temps d'arrivée.

Autres explosions. — Une discussion des résultats a montré que les trois autres explosions avaient également eu lieu sur l'atoll de Bikini et non sur celui d'Eniwetok, lequel est situé pratiquement à la même latitude, mais plus à l'Ouest. En admettant les coordonnées déjà trouvées dans le cas du 28 février, on a obtenu les valeurs moyennes suivantes des heures d'explosion :

26 mars : 18 h 29 m 58,7 s ± 0,7 ;
25 avril : 18 h 09 m 59,0 s ± 0,1.

On avait pu, pour l'explosion du 4 mai, pousser plus loin l'approximation en plaçant le point origine à 11° 41′ N et 165° 24′ E, ce qui ne modifiait pas de façon sensible l'heure de l'explosion :

4 mai : 18 h 09 m 58,0 s ± 0,1.

Ayant appliqué aux durées de propagation la correction de — 2 s, proposée par B. Gutenberg pour les séismes océaniques, on avait constaté que les heures ainsi obtenues ne s'écartaient de la minute ronde que d'une fraction de seconde; on pouvait donc supposer que les tirs avaient effectivement eu lieu à la minute ronde.

Les résultats ci-dessus montraient, en tout cas, que l'observation des explosions nucléaires devait permettre d'améliorer les Tables de durées de propagation, pourvu qu'on disposât de bons enregistrements et que l'heure exacte des explosions fût connue. La même remarque s'appliquait aux ondes PKP enregistrées aux stations éloignées et notamment au voisinage de 140°.

Comparaison avec les données actuellement publiées. — Les données récemment publiées sont les suivantes :

	Latitude N.	Longitude E.	Heure T. U.
28 février	11° 41′ 27″	165° 16′ 25″	18 h 45 m 00,0 s
26 mars	11 41 27	165 16 23	18 30 00,4
25 avril	11 39 59	165 23 14	18 10 00,7
4 mai	11 39 56	165 23 13	18 10 00,1

Les erreurs sur la position de l'épicentre sont ainsi de 7 km pour les deux premières explosions, 6 km pour la troisième et 2 km pour la dernière.

Les heures qu'on avait obtenues au moyen des Tables de Jeffreys et Bullen, compte tenu de la correction de 2 s, présentaient, par rapport aux heures réelles d'explosions, des écarts de 0,0 s, + 0,3 s, + 0,3 s et — 0,1 s.

La même détermination de l'heure origine, faite cette fois à partir des points exacts d'explosion, donne des résultats presque identiques : 0,0 s, + 0,3 s, + 0,2 s et 0,0 s, soit en moyenne + 0,1 s, ce qui confirme bien la correction de B. Gutenberg.

Des résultats équivalents ont été indiqués par le Professeur Bullen, Président de l'Association Internationale de Séismologie et de Physique de l'Intérieur de la Terre, dans son adresse présidentielle, lors de l'Assemblée générale de Toronto de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale (septembre 1957), exception faite de la comparaison avec les valeurs réelles qui n'avaient pas encore été publiées à cette époque.

Remarques. — 1. Il convient de souligner la grande netteté des ondes longitudinales réfléchies PP, bien visibles pour l'explosion du 28 février sur les séismogrammes de Nouméa, du Parc-Saint-Maur et de Tamanrasset.

2. A signaler également l'absence d'ondes de surface sur les enregistrements de Nouméa et de Tamanrasset. Les ondes de Rayleigh ont été enregistrées au Parc-Saint-Maur par le séismographe vertical de longue période. Ces ondes montrent une dispersion très marquée.

3. La première onde inscrite est interprétée comme une compression dans quatre stations situées dans des azimuts très différents : Riverview (Sud-Sud-Ouest), Palisades et Bermudes (Nord-Est) et enfin Tamanrasset (Nord-Nord-Ouest).

(*) Séance du 16 juillet 1958.

([1]) Observations relevées dans le *Bulletin mensuel* du Bureau Central de l'Association Internationale de Séismologie. On disposait, en outre, des séismogrammes de l'Observatoire du Parc-Saint-Maur et, pour l'explosion du 28 février seulement, de ceux de Nouméa et de Tamanrasset.

([2]) Nouméa, Riverview, Pasadena, Quetta et Fayetteville.

ALGOLOGIE. — *Sur l'extension, vers le Sud, de l'aire de répartition du* Fucus vesiculosus. Note de MM. **Adrien Davy de Virville** et **Michel Denizot**, présentée par M. Roger Heim.

Le *Fucus vesiculosus* existe jusqu'aux Canaries, en gardant dans ces îles son aspect et sa biologie typiques. Cette découverte étend l'aire de répartition de cette espèce — dont le rôle écologique est particulièrement important — à plus de 350 km vers le Sud.

Les diverses formes de *Fucus*, ordinairement bien individualisées ([1]), qu'on peut déterminer comme *Fucus vesiculosus* ont été observées jusqu'ici depuis le Groenland vers le Nord jusqu'au milieu des côtes marocaines vers le Sud. Lorsque cette espèce est normalement développée, elle forme toujours une zone ou ceinture de végétation très caractéristique vers le niveau moyen de la mer, ainsi que l'ont signalé tous les écologistes. Pour autant que nous soyons bien renseignés à ce sujet, ce *Fucus* commence à se développer vers le Nord, dès que les rochers sont assez longtemps dégagés de glace. Et vers le Sud on constate que cette ceinture fait défaut ou est très localisée sur la côte basque ([2]), mais reparaît sur les côtes d'Espagne ([3]), ([4]) et du Portugal jusqu'à l'embouchure du Douro ([5]). Au-delà, d'après les observations de R. Lami ([6]), elle fait généralement défaut et ne s'observe que sur les pierrailles du goulet de Faro, sous sa variété *axillaris*. Plus au Sud, sur la côte marocaine, cette espèce fait totalement défaut sur les rochers directement battus par l'Océan, d'après les observations de G. Mangenot ([7]), confirmées par celles de P. Dangeard ([8]). On ne la retrouve que réfugiée, à quelques kilomètres du littoral, sur les vases

de divers estuaires (Bou-Regreg, Sabou) ainsi que dans diverses lagunes entre Mazagan et Safi. C'étaient jusqu'ici les stations les plus méridionales connues de cette espèce; aussi G. Mangenot pouvait-il légitimement conclure que le *Fucus vesiculosus*, à la limite de son aire, abandonnait les rochers océaniques pour devenir vasicole, en prenant d'ailleurs des formes intermédiaires entre le *Fucus vesiculosus* type et le *Fucus lutarius*. Cependant G. Mandon avait distribué, dans ses *Algæ Maderenses*, sous le nº 22, un *Fucus vesiculosus* que l'examen de l'échantillon nous permet d'affirmer comme typique. Or l'île de Madère se trouve à la même latitude que les stations marocaines.

En réalité C. Agardh — et cette indication a été recopiée par De Toni dans son *Sylloge* — avait pourtant signalé le *Fucus vesiculosus* « *usque ad Insulas Fortunatas* ». Mais cette indication, d'ailleurs tombée dans l'oubli, paraissait être d'autant plus douteuse qu'aucun des algologues, pourtant notables, ayant exploré le littoral des Canaries, ne l'a retrouvé depuis lors : Vickers ([9]), Børgesen ([10]), etc. Nous n'avons pas davantage trouvé d'échantillon d'herbier provenant des Canaries. D'autre part, la confusion régnant au temps d'Agardh entre le *Fucus vesiculosus* et certaines formes de *Fucus spiralis* aura contribué à obscurcir cette question : ainsi, le *Fucus limitaneus* de Montagne a été longtemps considéré comme une forme du *Fucus vesiculosus* avant d'être rattaché au *Fucus spiralis*.

Aussi l'un de nous (A. D. V.) a été fort surpris, en explorant la flore marine des rochers du port d'Arrecife dans l'île de Lanzarote, d'y observer le 20 avril 1957 plusieurs exemplaires de cette espèce. Il n'est sans doute pas inutile de rappeler que cette île de Lanzarote est la plus voisine des côtes d'Afrique, dont elle n'est distante que de 125 km environ, au cap Juby.

La fronde de ces *Fucus*, de grandeur moyenne (20 à 30 cm), pourvue de vésicules parfaitement nettes, se réduisait assez fréquemment à la nervure centrale, au moins à leur base. Ces exemplaires, épars, étaient développés au niveau habituel, sans former toutefois de ceinture de végétation, ni cependant être rares.

Cette découverte nous a paru intéressante à divers titres :

1º Elle étend l'aire de répartition de cette algue de plus de 400 km vers le Sud-Ouest.

2º Elle empêche d'admettre que cette espèce, à la limite de son aire, se réfugie toujours dans des estuaires ou des lagunes. Il s'agit d'ailleurs, dans ce cas, d'écotypes distincts du véritable *Fucus vesiculosus* ([2]), ([7]) : c'est cette constatation qui avait précédemment conduit l'un de nous ([1]) à montrer combien la notion d'espèce dans ce genre est d'une application difficile;

3º Elle paraît suggérer que l'existence de cette espèce, à rechercher évidemment en d'autres points du littoral des Canaries, pourrait être

relativement récente. Car il est difficile d'admettre qu'elle ait échappé aux explorations des algologues qui ont précédemment exploré ce littoral. Elle constituerait un nouveau et très curieux exemple de ces variations dans la répartition des organismes de la zone des marées, dont Fischer-Piette a donné de nombreux et démonstratifs exemples.

(1) Ad. Davy de Virville, *C. R. Soc. Biogéogr.*, nos 191-192-193, 1945, p. 1.
(2) Ad. Davy de Virville, *Revue Scientifique*, nos 3237-3238, 1944, p. 421.
(3) G. Hamel, *Revue Alg.*, 4, 1928, p. 81.
(4) F. Ardré, *Revue Alg.*, nouv. série, 3, 1957, p. 138.
(5) R. Lami, *Bol. Soc. Brot.*, série 2*a*, 13, 1938, p. 177.
(6) R. Lami, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 83.
(7) G. Mangenot, *C. R. Soc. Biol.*, 46, 1927, p. 528.
(8) P. Dangeard, *Le Botaniste*, 34, 1949, p. 135.
(9) A. Vickers, *Ann. Soc. Nat., Bot.*, 8e série, 4, 1896, p. 302.
(10) F. Børgesen, *Det. Kgl. Danske Vid. Selsk.*, 6, no 2, 1926, p. 96.

ALGOLOGIE. — *Sur la structure cellulaire et la reproduction de* Codiolum petrocelidis *Kuck., Algue verte unicellulaire endophyte.* Note (*) de M. Sigurdur Jónsson, présentée par M. Lucien Plantefol.

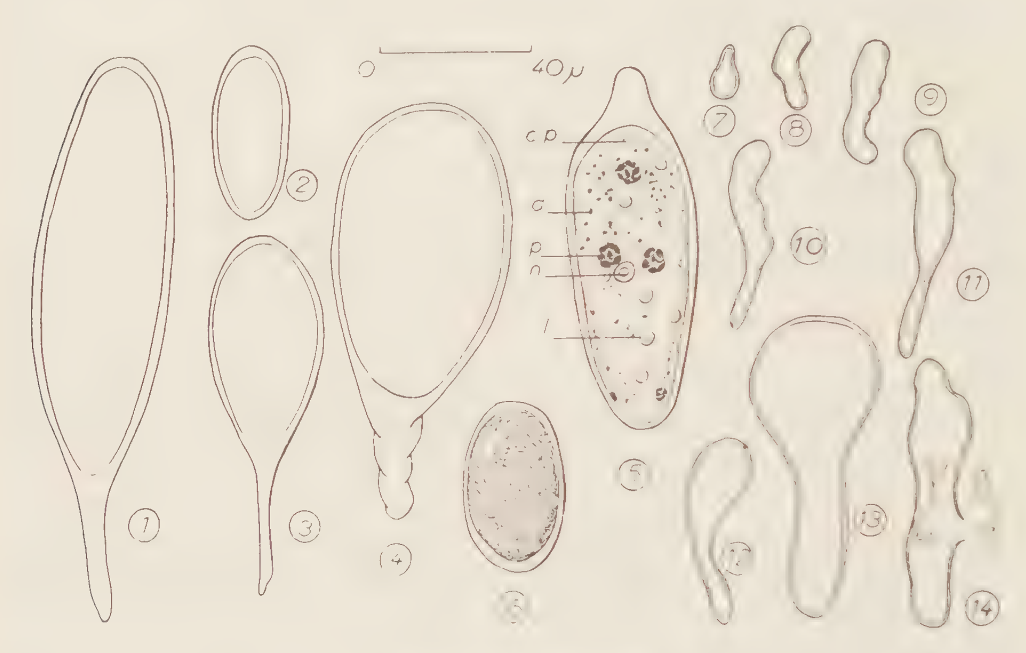
D'aspect polymorphe, mais de structure cytologique constante, cette Algue peut se reproduire par des zoospores quadriflagellées; il est possible également que ces spores soient capables de donner naissance à l'Algue filamenteuse, *Acrosiphonia spinescens* Kjellm., qui constituerait le gamétophyte.

Le *Codiolum petrocelidis* a successivement été rattaché aux Botrydiacées, Cladophoracées et Chlorococcacées. Répandue dans les mers boréales, cette Algue vit sur les côtes françaises, en Bretagne, comme endophyte obligatoire de diverses Algues rouges encroûtantes et, en particulier, du *Petrocelis cruenta*, qui en est souvent véritablement infesté.

La constitution cellulaire a été peu étudiée chez le *Codiolum*. Sa reproduction, par contre, a fait l'objet d'études, d'abord par Ing. Jorde (1) en Norvège, puis tout récemment par Kung-Chu Fan (2) en Californie. Ces deux auteurs s'accordent à voir dans les *Codiolum* des sporophytes appartenant aux cycles de développement d'autres Algues à alternance hétéromorphe de générations. Le *Codiolum gregarium* Br. serait, d'après Jorde, le sporophyte de l'*Urospora mirabilis* Aresch., Algue filamenteuse non ramifiée, tandis que le *Codiolum petrocelidis* de Californie représenterait, d'après Fan, le sporophyte de *Spongomorpha coalita* (Rupr.) Collins, Algue filamenteuse ramifiée du Pacifique Nord, voisine de l'*Acrosiphonia spinescens* des côtes européennes, dont nous avons, dans une Note antérieure (3), étudié la reproduction.

Nos recherches à Roscoff, ce printemps 1958, sur le *Codiolum petrocelidis* ont envisagé ce problème.

Au point de vue morphologique, le *Codiolum petrocelidis* est très polymorphe à Roscoff. Il est constitué d'une seule cellule, qui peut être soit allongée et cylindrique, soit ovoïde, pourvue ou non d'un stipe incolore plus ou moins long (*fig.* 1, 2, 3, 4).



Codiolum petrocelidis Kuck.

Fig. 1-4. — Quelques individus montrant le polymorphisme.

Fig. 5. — Structure cytologique : *n*, noyau ; *p*, pyrénoïde ; *a*, amidon ; *cp*, chloroplaste ; *l*, lipides.

Fig. 6. — Un individu fertile, rempli de zoospores.

Fig. 7-13. — En culture, stades successifs de la transformation de la cellule.

Fig. 14. — Émission de spores quadriflagellées chez un individu en culture.

La *structure cellulaire*, beaucoup plus uniforme, se caractérise par l'existence d'une couche cytoplasmique pariétale contenant un chloroplaste, dense dans sa partie supérieure, nettement fenestré dans sa partie inférieure (*fig.* 5). Les pyrénoïdes, intraplastidiaux, généralement au nombre de 3-4 par cellule, sont du type polypyramidal, chacun d'eux renfermant plusieurs calottes amylacées. Le chloroplaste contient, en outre, souvent une grande quantité de grains d'amidon. Il faut aussi noter dans la cellule la présence d'un seul noyau et un appareil vacuolaire occupant tout le territoire central de la cellule. Chez les individus âgés, on peut également observer des gouttelettes lipidiques, capables, par leur abondance, de masquer le reste du contenu cellulaire.

L'étude de la reproduction du *Codiolum petrocelidis* présente des diffi-

cultés d'observation *in situ*, puisque cette Algue vit enfoncée entre les filaments d'une autre Algue. Il a donc été nécessaire de procéder à l'isolement par microdissection d'individus fertiles (*fig.* 6), placés ensuite en gouttes pendantes. Des lambeaux de l'hôte avec son substrat ou non et contenant du *Codiolum* ont été isolés en cristallisoirs dans l'eau de mer. Des hôtes dépourvus de *Codiolum* ont enfin servi de témoins.

Résultats. — 1. En goutte pendante les spores libérées de *Codiolum petrocelidis* germent immédiatement en émettant un tube de germination. Mais les conditions ainsi offertes sont défavorables au développement.

2. Dans le cas de fragments isolés de l'hôte contenant le *Codiolum*, deux faits ont été constatés : *a.* la présence, dans un premier lot, de germinations, formant au bout d'un mois des individus filamenteux ramifiés, identiques aux germinations parthénogénétiques obtenues l'année dernière, à partir de l'*Acrosiphonia spinescens*; *b.* la présence, dans un deuxième lot, de petites cellules irrégulières, fixées sur les bords des cuves. L'évolution de ces cellules fut tout d'abord marquée par leur allongement axial sans qu'il y ait formation de cloisons transversales. Ensuite le contenu de la cellule siphonée ainsi formée s'accumule progressivement à l'une de ses extrémités provoquant à ce niveau un renflement ovoïde pendant que le reste de la cellule se transforme en une sorte de stipe creux incolore. Celui-ci peut se séparer de la partie renflée par la formation d'une membrane (*fig.* 11). Les individus de *Codiolum* ainsi obtenus n'ont pas tardé à leur tour à devenir fertiles, ce qui a permis d'étudier de plus près le mécanisme d'émission des zoospores et la structure de celles-ci (*fig.* 14). Cette émission s'effectue par une perforation latérale de la cellule, sans le concours d'un appareil de déhiscence spécialisé; l'agitation des zoospores ne se produit qu'au contact de l'eau de mer. Chaque zoospore possède un chloroplaste renfermant un pyrénoïde et un stigma bien visible. Elle est munie de quatre flagelles.

3. Enfin, dans les cuves contenant les témoins, aucune germination n'a été rencontrée.

Interprétations. — Ces expériences montrent que le *Codiolum petrocelidis* peut se reproduire au moyen de spores quadriflagellées en redonnant de nouvelles générations de *Codiolum*. Il est, par contre, trop tôt pour affirmer que le *Codiolum petrocelidis* puisse, en outre, produire des spores susceptibles de donner naissance à l'*Acrosiphonia spinescens*. Il n'est pas exclu, en effet, que les germinations d'*Acrosiphonia* obtenues en présence de *Codiolum* soient dues à une contamination préliminaire à l'expérience par des gamètes parthénogénétiques d'*Acrosiphonia*. Étant donné l'absence de toute germination parmi les témoins, il est très probable, toutefois, que le *Codiolum petrocelidis* soit capable de produire des spores qui, en se développant, donnent l'Algue filamenteuse. D'autre part, les zygotes

d'*Acrosiphonia* que nous avons obtenus précédemment ([3]) se développent, sans se diviser, en un organisme qui ressemble beaucoup à ces jeunes *Codiolum*. Malheureusement, ces zygotes n'ont pas survécu assez longtemps pour permettre d'affirmer qu'il s'agissait de *Codiolum*. Il est possible que les zoospores de *Codiolum* émises en hiver produisent un *Acrosiphonia*, tandis que les zoospores émises pendant la belle saison reproduisent à nouveau le *Codiolum*.

Mais avant de conclure à l'existence d'un tel cycle qui comporterait l'alternance hétéromorphe de générations, régi à la fois par des facteurs phénotypiques et génotypiques, il est nécessaire de suivre le comportement de *Codiolum petrocelidis* au cours de l'hiver et saisir en même temps les phénomènes caryologiques accompagnant la formation des zoospores.

(*) Séance du 16 juillet 1958.

([1]) I. Jorde, *Nyt. Mag. Naturvidensk.*, 73, 1933, p. 1-20.

([2]) K. Ch. Fan, *Phycol. News Bulletin*, 10, n° 32, 1957, p. 75.

([3]) S. Jónsson, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 1251.

(*Laboratoire de Botanique de la Sorbonne.*)

CRYPTOGAMIE. — *Sur quelques particularités microstructurales des anthéridies des Charophycées et leur interprétation.* Note (*) de Mlle Micheline Guerhesquin, transmise par M. Henri Gaussen.

L'étude détaillée de l'anthéridie des Charophycées fait apparaître une microstructure dont les modalités sont en relation avec la subdivision systématique.

Si la structure générale de l'anthéridie des Charophycées peut à juste titre être considérée comme relativement homogène et bien connue dans ses grandes lignes, particulièrement depuis les travaux de Thuret ([1]), Sachs ([2]) et Migula ([3]), l'étude de la microstructure de cet organe, dans les différents genres de la famille, révèle quelques particularités inédites et susceptibles d'offrir un intérêt systématique que nous nous proposons de définir.

Les écussons anthéridiens des Charophycées sont partagés, sur leur face interne en loges incomplètes *à maturité* (par résorption de leur plancher), dont les parois latérales convergent vers le centre écussonnaire, le plus souvent matérialisé par une cicatrice manubriale.

L'examen des parois des loges chez 14 espèces ([4]) des genres *Nitella*, *Tolypella*, *Lamprothamnium*, *Charopsis* et *Chara* montre l'existence d'armatures complexes, consistant en renforcements longitudinaux et transversaux très déliés, mais d'une extrême résistance, offrant chez quelques

espèces de fortes connexions avec la base du manubrium. Leur rôle est à la fois de servir de système de cohésion et de soutien pour l'ensemble de l'architecture anthéridienne et de faciliter la séparation des écussons à l'époque de la déhiscence.

L'armature des loges écussonnaires offre deux dispositifs nettement différents, suivant qu'on la considère chez les espèces du genre *Chara* ou chez les espèces des autres genres.

Dans le genre *Chara*, les armatures des loges d'écussons sont à la fois formées par le renforcement de toutes les lignes angulaires d'intersection des diverses faces des loges, et par l'existence de bandes d'épaississement pariétales, perpendiculaires à la surface externe de l'anthéridie et dessinant sur les faces latérales (radiales) des loges un système de griffes parallèles. Celui-ci évoque par son aspect général, les dispositifs particuliers aux cellules des assises mécaniques d'anthères de Phanérogames ou de sporanges de diverses Cryptogames vasculaires et ce fait de convergence mérite d'être souligné.

Chez *Nitella*, *Tolypella*, *Lamprothamnium* et *Charopsis*, l'armature est la plus simple, les faces latérales (radiales) des loges étant ici dépourvues des griffes pariétales observables chez les espèces étudiées dans le genre *Chara*.

On notera, en premier lieu, le rôle joué par les armatures dans les phases ultimes de la déhiscence. Celle-ci, caractérisée par la séparation des écussons et la dissociation des divers éléments anthéridiens, est un phénomène complexe lié, en grande partie, aux déformations des loges écussonnaires. La résorption du plancher interne des loges a pour but de libérer le cloisonnement latéral de ces dernières. Il s'accompagne d'un affaissement général de l'armature et, corrélativement, de la mise en jeu de tractions et de torsions nettement perceptibles sur les anthéridies déhiscentes et les écussons isolés. Les forces de traction s'exercent en direction centripète, les torsions interviennent en direction tangentielle. Les épaississements angulaires des loges apparaissent fréquemment, sur les écussons libérés, sous la forme de torsades caractéristiques.

De plus, la grande cohésion assurée à l'ensemble de l'anthéridie par le système rigide des armatures, liée à la résistance des membranes externes de l'anthéridie, accroît la protection des filaments internes à anthérozoïdes, en particulier lorsque les modifications intervenant dans les conditions écologiques (assèchement provisoire des biotopes) risque d'entraîner un déficit important ou la destruction des éléments mâles.

Enfin, les constatations précédentes permettent surtout d'introduire un nouvel élément d'appréciation, en Systématique, pour la séparation des genres, qui se révèle indécise dans l'ensemble de la littérature, particulièrement en ce qui concerne les genres *Chara* et *Charopsis*.

En effet, la disparité microstructurale précédemment évoquée paraît constituer un nouveau critère de distinction générique séparant le genre *Chara* des autres genres de la famille. Elle rejette, en particulier, une espèce d'appartenance discutée comme *Chara coronata* Ziz. (= *Charopsis Braunii* Kütz.) en dehors du genre *Chara* auquel elle a été le plus fréquemment rattachée, notamment par les auteurs les plus récents [*voir* surtout J. S. Zaneveld (5), R. D. Wood (7), R. Corillion (8)]. Elle permet d'appuyer le point de vue plus ancien de Kützing (9) et Hy (10) concernant l'autonomie d'un genre *Charopsis*, jadis créé à partir de diverses particularités de l'appareil végétatif et représenté en Europe occidentale par une espèce unique : *Charopsis Braunii* Kütz.

(*) Séance du 16 juillet 1958.

(1) *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 2e série, 14, Paris, 1840.

(2) *Traité de Botanique*, Paris, 1874.

(3) *Die Characeen*, 1890-1897.

(4) Ce sont : *Nitella syncarpa* Thuill., *N. batrachosperma* A. Br., *N. mucronata* A. Br., *N. gracilis* Ag., *Tolypella hispanica* Nordst., *T. glomerata* Leonh., *T. nidifica* Leonh., *Lamprothamnium papulosum* J. Gr., *Charopsis Braunii* Kütz., *Chara aspera* Willd., *Ch. galioides* DC., *Ch. connivens* A. Br., *Ch. fragifera* Dur., *Ch. fragilis* Desv.

(5) *The Charophyta of Malaysia. Blumea*, 1940.

(6) *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du Nord*, 37, 1946.

(7) *The Characeae, Bot. Review*, 18, n° 5, mai 1952.

(8) *Les Charophycées de France*, Rennes, 1957 (*Thèses Fac. Sc. Toulouse*).

(8) *Phyc. Gen.*, 1843.

(10) *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 60, Mém. 26, 1913.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Modifications cytologiques produites par le* Taphrina deformans (*Berk.*) *Tul. sur les jeunes rameaux de* Prunus persica *L.* Note (*) de M. **Léonardo Caporali**, présentée par M. Lucien Plantefol.

Dans les jeunes rameaux de Pêcher infestés par le *Taphrina deformans*, la formation des tumeurs est accompagnée d'une régression des plastes dans les couches corticales externes d'abord, puis dans les couches internes. Le parasite induit à distance des remaniements cytologiques qui ne s'achèvent qu'au contact des hyphes avec les cellules intéressées.

Nous avons précédemment décrit (1) les modifications histologiques provoquées par le *Taphrina deformans* (Berk.) Tul. sur les jeunes rameaux de *Prunus persica* L. Nous étudions ici les aspects cytologiques de ces modifications.

Le parenchyme cortical sain possède des cellules sphériques ou ovales limitant de grands méats (*fig.* 1, *me*); la taille de ces cellules augmente dans les couches internes (*fig.* 2). Le chondriome est formé de mitochondries

isolées, *m*, ou associées par deux en de petits bâtonnets, *b* (*fig.* 1 et 2); les plastes, *pa*, nombreux et de forte taille, sont pour la plupart amylifères. Le noyau (*fig.* 1, N) lenticulaire est uninucléolé. Les vacuoles possèdent quelques composés phénoliques (*fig.* 1, *ph*).

Dès le premier contact avec les hyphes parasitaires (*hp*, *fig.* 3), la taille des cellules du parenchyme cortical externe s'accroît (schéma A, *zce* et *fig.* 3) et les méats (*me*, *fig.* 3) se réduisent. Les mitochondries s'associent en chaînettes, *ch*; la plupart des vésicules plastidales, *ve*, se réduisent ou disparaissent (*fig.* 3, *p*); la substance élaboratrice des plastes se condense au contraire fortement. Certains plastes prennent la forme de chondriocontes, mais ils portent alors quelques épaississements (*fig.* 3, *ep*) qui témoignent de leur dédifférenciation. Les composés phénoliques deviennent plus abondants (*fig.* 3, *ph*).



Schémas A, B, C. — Portions de coupes transversales : A, de jeunes rameaux de Pêcher au début de l'attaque parasitaire; B, au cours de l'évolution de la maladie; C, après la formation des tumeurs. Les chiffres portés par les schémas correspondent aux numéros des figures et permettent de situer les zones dessinées; *ae*, assise épidermique; *fcv*, faisceau cribro-vasculaire; *n*, nodule; *zce*, *zci*, zone corticale externe et interne.

A la fin du processus d'hypertrophie précédemment étudié [1], les plastes ne sont plus distincts des chondriosomes; peut-être quelques éléments vésiculisés représentent-ils des plastes dédifférenciés (*fig.* 4, *p* ?). Ultérieurement, ces vésicules elles-mêmes ne se voient plus (*fig.* 5); le chondriome devient filamenteux et les précipités phénoliques intravacuolaires *ph*, sont encore plus abondants.

Alors que les cellules corticales externes sont déjà fortement transformées (*fig.* 4), les cellules internes, où le champignon ne s'est pas encore répandu, commencent à augmenter de taille (*fig.* 6). Simultanément, leurs chondriosomes s'allongent (comparer *fig.* 2 et 6); mais les plastes amylifères *pa*, toujours nombreux, ne subissent pas de transformations remarquables. Cependant, quelques figures évoquent déjà un processus débutant de régression plastidale (*fig.* 6, *rp*).

Dans les tumeurs âgées, les cellules du parenchyme cortical externe, séparées par de vastes lacunes L [*voir* [1]] montrent un chondriome à nouveau hétérogène (schéma C et *fig.* 7). A côté d'éléments plus ou moins allongés et de quelques mitochondries, des plastes amylifères *pa* se sont



Figures 1 à 9. — Portions de coupes transversales de jeunes rameaux de *Prunus persica* L. Regaud-hématoxyline; épaisseur : 5 µ.

Fig. 1. — Zone externe du parenchyme cortical sain.

Fig. 2. — Zone interne du parenchyme cortical sain.

Fig. 3. — Premières modifications cytologiques produites par les hyphes parasitaires, *hp*, au niveau de la zone corticale externe (*voir* texte).

Fig. 4. — Transformation ultérieure de la zone corticale externe à la fin du processus d'hypertrophie (*voir* texte).

Fig. 5. — Phase plus évoluée; régression totale des plastes.

Fig. 6. — Première transformation de la zone interne du parenchyme cortical, que le champignon n'a pas encore atteint.

Fig. 7. — Zone corticale externe d'une tumeur âgée (*voir* texte).

Fig. 8 et 9. — Évolution cytologique de la zone corticale interne envahie par les hyphes parasitaires, *hp*, dans une tumeur âgée; régression partielle des plastes amylifères, *pa*.

à nouveau différenciés. Les précipités intravacuolaires demeurent cependant abondants (comparer *fig.* 5 et 7).

Le nouveau tissu cortical externe formé reprend donc un aspect cytologique à peu près normal.

Lorsque le parasite *hp* a plus tard envahi les couches internes du parenchyme, la régression des plastes s'y accuse de plus en plus (*fig.* 8 et 9 à comparer avec *fig.* 6).

Les modifications ici décrites s'observent dans tout le parenchyme tumoral. Par endroits, des nodules dispersés (schéma C, *n*), formés de petites cellules actives, construisent des faisceaux rudimentaires (¹) dont l'évolution cytologique fera l'objet d'une étude particulière.

En conclusion, le développement des tumeurs corticales de jeunes rameaux de Pêcher infestés par le *Taphrina deformans* présente des processus de dédifférenciation intéressant surtout les plastes. Ces transformations cytologiques sont comparables à la première phase de celles décrites par Buvat, dans les tumeurs corticales de la Tomate infestée par le *Bacterium tumefaciens*.

(*) Séance du 16 juillet 1958.

(¹) *Comptes rendus*, **246**, 1958, p. 3180.

(²) *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 11ᵉ série, 1945, p. 175.

(*Laboratoire de Botanique de l'École Normale Supérieure.*)

EMBRYOLOGIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Composées-Cinarées. Développement de l'embryon chez le* Cnicus benedictus *L.* Note (*) de M. **Charles Mestre**, présentée par M. René Souèges.

Le mode de développement de l'embryon du *Cnicus benedictus* se distingue essentiellement du type général des Composées par l'existence d'une hypophyse véritable qui tire origine de l'étage *n*. Ce type embryonomique se rattache étroitement à celui du *Calendula arvensis*.

Le *Cnicus benedictus* a été considéré par certains auteurs comme une espèce du genre *Cirsium*, par d'autres, comme une espèce du genre *Centaurea*; il a été élevé au rang de genre sous des noms différents : *Carbenia* (Adanson), *Benedicta* (Bernheim), *Cnicus* (Gœrtner). La place que l'on doit réellement attribuer au *Cnicus benedictus* L., à l'intérieur de la tribu des Cinarées, pose toujours un problème que l'étude des seuls caractères morphologiques ne permet pas de résoudre aisément. C'est pourquoi il nous a paru intéressant et utile de rechercher si les caractères embryogéniques sont de nature à apporter des vues plus précises sur les affinités de cette espèce avec les autres représentants de la tribu des Cinarées.

Les deux blastomères du proembryon bicellulaire (*fig.* 1) proviennent de la segmentation, par une paroi horizontale, de l'oosphère. Les divisions des deux cellules *ca* et *cb* donnent naissance à une tétrade en T de la catégorie A_2 (*fig.* 2). L'étage supérieur de cette tétrade se divise alors rapidement par deux cloisons anticlines qui assurent à l'étage *q* une disposition en tous points semblable à celle qu'on observe chez toutes les autres Composées. L'élément *m* se segmente en même temps par une paroi verticale en deux cellules juxtaposées qui se cloisonnent toutes deux verticalement afin de former quatre cellules circumaxiales.



Fig. 1 à 25. — *Cnicus benedictus* L. — Les principaux stades du développement de l'embryon. *ca*, cellule apicale; *cb*, cellule basale; *q*, quadrants; *m*, cellule fille supérieure de *cb*; *ci*, cellule fille inférieure de *cb*; *n*, cellule fille supérieure de *ci*; *n'*, cellule fille inférieure de *ci*; *o*, cellule fille supérieure de *n'*; *p*, cellule fille inférieure de *n'*; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce au sommet radiculaire. — G = 290 pour les fig. de 1 à 22; 175 pour les fig. de 23 à 25.

La cellule *ci* se divise par une paroi horizontale et donne deux éléments superposés *n* et *n'*. Les divisions qui se succèdent alors dans les deux étages *q* et *m* jusqu'aux stades les plus avancés sont en tous points conformes à celles qui se produisent dans l'embryon du *Senecio vulgaris* [1]. L'étage *q* est à l'origine de la partie cotylée et l'étage *m* donne naissance à la partie hypocotylée; mais les deux étages *n* et *n'* ont dès à présent, un comportement nettement différent.

En effet, si la division de la cellule *n* se produit sensiblement en même temps que l'apparition des parois anticlines dans l'étage *q*, l'élément *n'* ne se segmente, en règle générale, qu'au moment où se forment les parois périclines dans le même étage *q* (*fig.* 7) pour donner naissance aux deux cellules *o* et *p*. Ce fait que nous avons pu constater et vérifier dans les nombreuses coupes que nous avons examinées peut permettre de penser

que la cellule inférieure de l'embryon, figuré en 6, est toujours l'élément n' et que les deux cellules superposées qui se situent au-dessus de celui-ci proviennent de la segmentation par une paroi horizontale de la cellule n'.

De toutes façons, quel que soit le mode de division des blastomères, tous les embryons, montrent de façon évidente, à partir de la figure 8, que l'étage *n* se divise en deux couches cellulaires distinctes.

L'irrégularité dans la disposition des cloisonnements semble s'imposer au premier abord quant à l'édification de ces deux couches cellulaires de l'étage *n*; nous ne tiendrons pas compte de l'unique embryon présentant une paroi typiquement en verre de montre qui semble une exception (*fig.* 9); nous examinerons l'embryon dont les figures 13 et 14 représentent deux coupes successives. Il n'est pas douteux, étant donné, d'une part, la dimension de l'étage *n* de la figure 14, et, d'autre part, l'existence identique de trois cellules inférieures dans les deux coupes, que l'étage *n* soit représenté dans la figure 13 par deux étages distincts de cellules : l'un, supérieur, déjà divisé en quatre cellules juxtaposées et, l'autre, non encore segmenté. Il faut considérer l'étage *n* de cet embryon comme un cylindre (*fig.* 26) divisé initialement par une paroi verticale en deux demi-cylindres dont l'un (*fig.* 28) se retrouve sur la figure 13 et l'autre (*fig.* 27) sur la figure 14. Les processus de segmentation dans chacun d'eux sont entièrement différents : le premier (*fig.* 13), d'abord cloisonné par une paroi horizontale, donne naissance à deux cellules superposées dont la supérieure seule se segmente grâce à trois cloisons verticales; le second (*fig.* 14) se divise par une paroi verticale formant deux cellules juxtaposées dont une seulement se segmente par une cloison horizontale.

L'embryon, dont les figures 17 et 18 représentent deux coupes successives, montre un mode d'édification absolument semblable et, si l'on considère que les parois peuvent être plus ou moins obliques (*fig.* 10, 11, 12 et 19), cette explication permet de comprendre et d'interpréter facilement tous les cas qui semblaient quelque peu aberrants à première vue.

Les stades plus âgés des embryons du *Cnicus benedictus* nous montrent que les destinées des deux couches cellulaires de l'assise *n* sont très différentes et que celle-ci se comporte comme une véritable hypophyse. En effet, la couche supérieure est à l'origine des initiales de l'écorce au sommet radiculaire tandis que la couche inférieure donne naissance au primordium de la coiffe.

L'étage *o* participe à l'édification des parties inférieures de la coiffe et l'élément *p* engendre seul la totalité du suspenseur.

Le *Cnicus benedictus* se range dans le mégarchétype II de la première période du système embryogénique. Cependant une différence très nette sépare le développement de l'embryon du *Cnicus benedictus* de celui du *Senecio vulgaris* et de celui du *Carduus nutans* ([2]). Cette différence repose sur l'existence d'une hypophyse véritable formée à partir de l'étage *n* qui est à l'origine des initiales de l'écorce et de la partie supérieure de la coiffe. L'embryogenèse du *Cnicus benedictus* est, par contre, quant aux destinées des différents étages, absolument identique à celle que Carano ([3]) a décrite dans son étude sur le *Calendula arvensis*. La similitude du développement embryogénique de ces deux espèces tendrait à confirmer l'opinion de De Candolle ([4]), qui, s'appuyant sur certains caractères du style, englobait toutes les Calendulées dans la tribu des Cinarées. Cependant l'existence, chez le *Carduus nutans*, d'un type embryonomique beaucoup moins évolué

que celui du *Cnicus* ou du *Calendula* ne permet pas de se rallier à la thèse de De Candolle. D'autre part, le *Cnicus benedictus* possède tous les caractères distinctifs qui donnent aux Cinarées une unité rarement rencontrée chez les Composées.

Ainsi il semblerait plus logique d'admettre que le *Cnicus benedictus* représente un terme de transition entre les deux tribus ou l'un de ces ancêtres communs à partir desquels se seraient différenciées les Calendulées d'une part et les Cinarées d'autre part.

(*) Séance du 16 juillet 1958.

(1) R. Souèges, *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 254 et 356.

(2) J. C. Mestre, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 355.

(3) E. Carano, *Annali di Bot.*, 13, 1915, p. 251.

(4) De Candolle, *Prodrome*, 6, p. 449.

(Laboratoire de Botanique générale de la Faculté de Pharmacie de Paris.)

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude de la composition des excrétions radicellaires chez quelques légumineuses d'origine africaine.* Note (*) de MM. **Charles Dehay** et **Michel Care**, présentée par M. René Souèges.

Les excrétions radicellaires, diffusées dans l'eau distillée et étudiées par chromatographie, offrent une grande richesse en acides aminés; les plus fréquemment représentés, sont les acides aspartique et glutamique sous forme libre ou sous forme d'amide. Parmi les acides organiques, l'acide citrique est le plus constant.

Dans une précédente Note (1), nous avons donné un bref aperçu des substances identifiées dans les excrétions radicellaires, recueillies au cours de cultures hydroponiques de plantes très communes.

Ces expériences ont été étendues à un grand nombre d'espèces végétales, et nous avons apporté une attention toute particulière à la famille des Légumineuses, dont nous avons pu recevoir d'Afrique (d'Abidjan) d'assez copieux échantillons.

Nous avons été frappés par l'abondance d'acides aminés présents dans les excrétions radicellaires de cette famille.

Après germination, les *plantules* sont cultivées sur eau distillée, mais en prenant soin que, seul, le système radiculaire soit en contact avec le liquide. Les substances diffusées dans l'eau distillée proviennent donc uniquement des radicelles. L'étude chromatographique du milieu de culture a été effectuée à des intervalles de temps réguliers, et a conduit à des

résultats que nous avons résumés dans le tableau suivant :

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.
Acide aspartique.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Asparagine...	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Acide glutamique.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Glutamine...	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Sérine......	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Alanine.....	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Tryptophane.			+	+		+	+	+	+								
Valine......	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+
Leucine.....	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Phényl-alanine....			+	+	+		+	+	+					+			
Lysine......	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Tyrosine....			+	+				+	+	+	+	+			+	+	
Thréonine...	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Glycocolle...																	+
Acide citrique....	+	+	+	+			+	+	+				+	+			+
Acide malique...													+	+			+

1. *Bonjeania hirsuta*; 2. *Colutea silicica*; 3. *Tephrosia Vogelii*; 4. *Tephrosia candida*; 5. *Clitoria ternatea*; 6. *Centrosema Plumieri*; 7. *Crotalaria spectabilis*; 8. *Crotalaria astragalina*; 9. *Crotalaria retusa*; 10. *Cassia irsuta*; 11. *Cassia occidentalis*; 12. *Cassia obtusifolia*; 13. *Mucuna utilis*; 14. *Merbomia nicaraguensis*; 15. *Macrolobium Heudelotii*; 16. *Mimosa invisa*; 17. *Canavalia gladiata*.

L'examen de ce tableau montre l'abondance des acides aminés excrétés. Il s'agit surtout d'acides dicarboxyliques, soit sous forme libre, soit sous forme d'amide; on remarque aussi la présence presque constante de sérine, d'alanine, de thréonine, de leucine; enfin quelques acides aminés tels que tryptophane, glycocolle et tyrosine sont plus rares.

Il faut remarquer que, dans nos conditions expérimentales, l'excrétion atteint son maximum au sixième jour de culture pour se maintenir constante ensuite.

D'autre part, quelques acides organiques hydrosolubles y figurent également; l'acide citrique est le plus fréquent, l'acide malique est plus rare.

De telles observations ne manquent pas d'attirer l'attention sur les interférences entre les excrétions radicellaires et la composition de la microflore de la rhizosphère. Il résulte des travaux de bactériologie du sol exécutés ces dernières années [2], [3] que le fait le plus caractéristique de l'effet zhizosphère porte sur l'augmentation des germes ayant besoin d'acides aminés pour leur croissance par rapport à ceux qui se contentent d'un milieu minéral.

Il n'est donc pas interdit de penser que cette rupture d'équilibre de la microflore est en rapport avec la sécrétion d'acides aminés et que l'action physiologique des excrétions radicellaires se manifeste par des réactions entre la plante et les microorganismes et conditionne les diverses associations en fonction des exigences de chacun des partenaires.

(*) Séance du 16 juillet 1958.

(1) Ch. Dehay et M. Care, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 230.

(2) Lochhead, *Can. J. Res.* (*voir* 13 Mémoires publiés de 1938 à 1955).

(3) J. Pochon et H. de Barjac, *Traité de microbiologie des sols*, Paris, 1958.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action du froid sur les tissus de betteraves sucrières.* Note de Mlle **Janine Fourré**, présentée par M. Roger Heim.

Des observations cytologiques faites sur des Betteraves sucrières ayant séjourné à des températures comprises entre 0 et — 16°C montrent que les différents tissus d'un même tubercule ne résistent pas également à l'abaissement de la température.

Nous nous sommes proposée d'étudier la résistance au gel des divers tissus de la racine de Betterave sucrière. Cette étude fut réalisée de la manière suivante : nous avons fait agir sur des racines des températures constantes, comprises entre 0 et — 16° C, pendant 24 h. Après réchauffement à la température du Laboratoire, nous avons pratiqué des coupes histologiques que nous avons traitées pendant 20 mn par un mélange de Ringer additionné de 30 mg % de rouge neutre. On sait que ce colorant s'accumule dans les vacuoles des cellules vivantes et se fixe sur le cytoplasme et sur le noyau dès qu'elles sont mortes : le fait qu'une cellule ait sa vacuole colorée par le rouge neutre est donc la meilleure preuve qu'elle est vivante.

Il nous a été difficile d'apprécier la proportion exacte de cellules mortes, par suite de la structure anatomique complexe des Betteraves, structure caractérisée par une tubérisation due à des formations libéroligneuses surnuméraires; mais nous sommes cependant parvenue à des évaluations approximatives. L'examen des résultats, réunis dans le tableau ci-joint, permet de formuler les conclusions suivantes : la mort ne survient qu'à partir de — 5° C, la proportion des cellules mortes augmente avec l'abaissement de la température mais il faut pratiquement descendre au-dessous de — 16° C pour qu'il ne reste plus de cellules vivantes. On constate, en outre, que les divers tissus présentent des sensibilités différentes à l'abaissement de température. Le parenchyme fondamental est de beaucoup le plus sensible puisqu'à — 5° C 10 % de ses cellules sont tuées et qu'il ne renferme pratiquement plus de cellules vivantes à — 13° C. Par contre,

la « gaine périfasciculaire », entourant les massifs cribro-vasculaires, est plus résistante au froid car c'est seulement à — 13° C que ses cellules commencent à être altérées. Enfin, le phloème est le tissu le plus résistant puisque 40 % de ses cellules sont encore vivantes à — 16° C.

TEMPERATURES	PARENCHYME fondamental	GAINE périfasciculaire	PHLOEME
0°	100	100	100
-2°	100	100	100
-4°	100	100	100
-5°	90	100	100
-6°	80	100	100
-7°	60	100	100
-8°	60	100	100
-11°	15	100	100
-13°	ε	20	50
-16°		ε	40

Résistance au froid des divers tissus de la racine de Betterave sucrière (var. diploïde de Vaast). On voit que ceux-ci n'offrent pas la même résistance au froid dans un même organe (les chiffres indiquent les pourcentages des cellules demeurées vivantes).

En résumé, le « gel » des Betteraves ne débute qu'à une température relativement basse et, d'autre part, les différents tissus ne résistent pas également à l'abaissement de température. Nous nous proposons de rechercher à quoi est due cette différence de sensibilité.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Interactions entre saccharose, thiamine et auxine dans les corrélations entre bourgeons cotylédonaires chez* Cicer arietinum *L.* Note de Mme **Éliane Hugon**, présentée par M. Raoul Combes.

Les cotylédons de *Cicer arietinum* L. s'opposent, sur des plantules décapitées, aux corrélations d'inhibition entre leurs bourgeons axillaires. En culture aseptique, l'influence cotylédonaire peut être remplacée par un apport de saccharose et de thiamine. L'addition de faibles concentrations d'auxine au milieu annule l'effet des substances précédentes.

Dans une publication récente [1], P. Champagnat et M. Dalzon ont prouvé l'existence d'inhibitions par carence chez les Dicotylédones. Sur une population de plantules décapitées, l'intensité des corrélations entre bourgeons cotylédonaires est sous la dépendance de facteurs émanant des feuilles primordiales. Le nombre de cas où les deux bourgeons poussent simultanément, c'est-à-dire où aucune préséance n'existe entre eux, est plus élevé lorsque les feuilles sont intactes que lorsqu'elles sont amputées. On peut donc dire que la présence des cotylédons s'oppose aux corrélations entre axillaires. Les interactions entre bourgeons sont d'autant plus nettes qu'il y a carence en un facteur cotylédonaire inconnu.

C'est pour préciser la nature chimique de ce facteur que nous avons entrepris ces expériences.

Nous avons utilisé des plantules de *Cicer arietinum* L. en culture aseptique *in vitro.*

Sur un milieu d'eau bidistillée gélosée, des Pois chiches simplement décapités présentent un grand nombre de pousses subégales (témoins 1, tableau I).

TABLEAU I.

Antagonisme entre facteurs d'inhibition et facteurs de stimulation dans les corrélations entre bourgeons chez Cicer arietinum *L., cultivé* in vitro *à l'obscurité.*

		Nombre de plantules		Longueur moyenne des pousses (mm)	
	Milieu de culture.	cultivées.	à pousses subégales.	dominantes.	dominées.
	Eau pure (T 1)	22	12	56,6	46,8
	» (T 2)	25	1	26,4	5,9
A	White pur (T 3)	20	0	26,7	4
A	» + S [a]	28	8	48,3	29,3
A	» + S + V [b]	37	18	55,6	34,5
B	White pur (T 3)	31	0	35,6	3,4
B	» + S [a]	30	8	57,2	25,8
B	» + S + V [b]	37	15	60,5	36,8
B	» + S + V + A [c]	36	3	72,4	19,8
C	White pur (T 3)	30	0	25,4	3,4
C	» + S + V [b]	42	23	46,8	27,3
C	» + S + V + A [c]	39	5	42	12,5

[a] S, saccharose, 20 g/l.

[b] V, thiamine, 1 mg/l.

[c] A, acide naphtaléne acétique : exp. B, 50 µg/l; exp. C, 100 µg/l.

N. B. — Sont considérées comme subégales les pousses qui présentent une différence de longueur relative de moins de 5 %.

Au contraire, après suppression de l'épicotyle et des deux feuilles primordiales, l'inhibition d'un bourgeon par l'autre apparaît comme règle générale (témoins 2, tableau I).

Si l'on remplace l'eau bidistillée par le liquide nutritif de White [2],

on ne modifie pas le comportement des plantules, qu'elles soient ou non munies de leurs cotylédons (témoins T 3, tableau I).

C'est au milieu de White que nous avons ajouté, seules ou en mélange, les substances dont nous désirions étudier l'effet sur les corrélations : saccharose, thiamine, acide naphtalène acétique.

Les résultats, parfaitement concordants pour trois séries d'expériences, sont les suivants (tableau I : A, B, C).

1° Les substances minérales ont, dans les conditions de ces expériences, très peu d'influence sur les corrélations (comportement analogue des plantules décapitées sur eau pure et sur milieu de White : témoins T 2 et T 3, tableau I).

2° Le mélange de sucre et de thiamine remplace efficacement l'influence anti-inhibitrice des cotylédons intacts : le nombre de pousses subégales est équivalent dans les deux cas, le rapport des longueurs entre bourgeons dominants et bourgeons dominés est aussi très voisin (tableau I, *b*).

3° Il faut souligner de plus que le sucre à lui seul exerce une action très significative sans toutefois reproduire l'influence cotylédonaire (tableau I, *a*).

4° L'auxine à des concentrations physiologiques de 50 à 100 µg/l annule complètement l'effet de la vitamine et du sucre (tableau I, *c*).

On est donc en présence d'un antagonisme analogue à celui décrit par Skoog et ses collaborateurs [3] pour les cultures de fragments de tige et de moelle de tabac et par F. Nysterakis [4] pour certains champignons. Mais on peut surtout rapprocher nos résultats de ceux, plus récents, de M. Wickson et K. V. Thimann [5] qui se rapportent seuls au problème précis des corrélations entre méristèmes préformés.

Il semble donc que, d'une manière très générale, l'inhibition d'un bourgeon dépende de l'interaction entre deux facteurs : un facteur inhibiteur agissant par présence (auxine dans les expériences que nous venons de citer), et un facteur stimulateur dont la carence facilite l'explicitation de l'inhibiteur.

L'intérêt particulier de nos expériences est de montrer que cette stimulation peut provenir de substances aussi banales que des sucres ou des vitamines, universellement répandues chez les végétaux.

Nos recherches seront poursuivies pour préciser si d'autres corps sont susceptibles de jouer ce rôle, et pour tenter de comprendre la nature de ces interactions.

(1) *Rev. Cytol. et Biol. végét.*, 1958 (sous presse).

(2) P. White, *in* J. Rappaport, *Bot. Rev.*, 20, n° 4, 1954, p. 220.

(3) F. Skoog et C. Tsui, *Plant Growth Substances*, Univ. Wisconsin Press, Madison, 1951, p. 262; F. Skoog et C. O. Miller, *Symp. of the Soc. Exp. Biol.* 11, 1956, p. 116.

(4) *Rev. Gén. Bot.*, 61, 1954, p. 285 et *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1065.

(5) *Physiologia Plantarum*, 11, 1958, p. 62.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Évolution des acides organiques hydrosolubles, non volatils, au cours de la croissance et de la maturation de semences.* Note de M. **Robert Dupéron**, présentée par M. Raoul Combes.

Chez les espèces étudiées, les semences immatures jeunes sont riches en acide malique et pauvres en acide citrique. Pendant leur croissance et leur maturation, la quantité d'acide malique diminue tandis que l'acide citrique tend à s'accumuler.

Dans une précédente Note, nous avons précisé la nature des acides organiques hydrosolubles, non volatils, contenus dans un certain nombre de semences, et montré le comportement de ces substances au cours de la germination, à l'obscurité ([1]). Parallèlement à cette étude, nous avons été amené à considérer l'évolution des acides organiques hydrosolubles pendant la période de croissance et de maturation de la graine. Peu de recherches ont été réalisées dans ce domaine. On peut citer celles de Soldatenkov et Mazurova ([2]). Ces auteurs ont observé lors de la maturation des semences de Blé une diminution de la quantité d'acide malique, accompagnée d'une accumulation d'acide acétique et, dans une plus faible mesure, d'acide citrique. Les recherches que nous avons entreprises, et dont nous donnons ici les principaux résultats, se rapportent à l'étude des acides organiques contenus dans les semences immatures de Maïs, de Haricot et de Marronnier.

Mode opératoire. — Les acides organiques sont extraits par l'alcool à 50°, à l'ébullition. La solution hydroalcoolique passe ensuite sur une résine cationique forte (Dowex 50), puis sur une résine anionique faible (Amberlite IR.4B). Les acides retenus sur cette dernière sont élués par l'ammoniaque à 2 %. La solution ammoniacale des acides organiques après concentration sous pression réduite, à une température inférieure à 40°, est agitée avec une quantité suffisante de résine cationique pour permettre la libération des acides organiques de leurs sels ammoniacaux. Les acides sont ensuite séparés et dosés (à ± 2 % près) par chromatographie de partage sur gel de silice. L'élution est réalisée par des mélanges butanol-chloroforme de polarité croissante comme l'ont préconisé Jolchine ([3]), Bove et Raveux ([4]), etc. Les fractions recueillies par un collecteur automatique sont titrées par la soude N/100. Les acides sont identifiés par chromatographie sur papier uni ou bidimensionnelle.

Résultats obtenus. — 1° *Expériences réalisées sur les graines de Marronnier* (*Aesculus Hippocastanum*). — Des graines ont été prélevées, sur le même sujet, en juillet, à l'intérieur des fruits, puis en septembre au moment de la déhiscence. Des analyses ont été faites également sur des

graines ayant séjourné deux mois en chambre tiède après leur récolte en septembre.

	Matière sèche en grammes pour 100 graines.	Teneur en eau (% de la matière sèche).	Milliéquivalents d'acide pour 100 graines malique.	citrique.	pour 100 g de matière sèche malique.	citrique.
Juillet (téguments blancs)....	192	360	16	3,5	8,3	1,8
Septembre (téguments bruns, déhiscence des fruits)......	895	92	8,8	56	0,99	6,2
Novembre (après deux mois d'entreposage)............	800	16	7,1	74	0,88	9,2

Les graines immatures, récoltées en juillet, présentent un taux d'hydratation élevé; elles contiennent beaucoup plus d'acide malique que d'acide citrique. En septembre, au moment de la déhiscence des fruits, les graines ne sont que partiellement déshydratées. A ce stade, les analyses montrent que durant les mois de l'été, au cours de leur croissance, elles se sont appauvries en acide malique mais, par contre, considérablement enrichies en acide citrique. Ultérieurement, ces phénomènes se poursuivent, mais moins intensément, pendant l'entreposage en chambre tiède (15-20°) au cours duquel s'achèvent la maturation et la déshydratation des graines. L'acide succinique est présent en faible quantité à tous les stades du développement des semences; l'acide aconitique apparaît transitoirement au moment de la déhiscence du fruit.

2° *Expériences réalisées sur les graines de Haricot* (*Phaseolus vulgaris* var. Marocain nain). — Les graines immatures ont été prélevées, à l'intérieur des fruits, à deux stades de développement : gousses très jeunes (stade I) et gousses plus développées (stade II). Dans les deux cas, les semences étudiées étaient chargées de chlorophylle.

	Matière sèche en grammes pour 100 graines.	Teneur en eau (% de la matière sèche).	Milliéquivalents d'acide pour 100 graines malique.	citrique.	pour 100 g de matière sèche malique.	citrique.
Stade I...........	1,03	402	0,2	traces	19	traces
Stade II..........	3,30	404	0,2	0,19	6	5,8
Graines mûres....	21,9	12,9	0,12	2	0,54	9,1

L'acidité organique, non volatile, des très jeunes graines (stade I) est essentiellement représentée par l'acide malique. L'acide citrique ne s'y rencontre qu'en très faible quantité. Dans les graines un peu plus développées (stade II), l'acide citrique est plus abondant et les quantités respectives des deux acides sont sensiblement égales. Enfin, les semences mûres

et déshydratées sont particulièrement riches en acide citrique et pauvres en acide malique. Ainsi, au cours de la croissance et de la maturation de la graine de Haricot, la quantité d'acide malique diminue tandis que l'acide citrique s'accumule.

3° *Expériences réalisées sur les semences de Maïs* (*Zea Maïs* var. Golden Bentham). — Les observations précédentes se retrouvent à propos de l'étude du comportement des semences de Maïs. Dans les semences immatures de Maïs, très jeunes, les acides malique et aconitique sont particulièrement abondants. Par contre, on n'y décèle que peu d'acide citrique. Au cours de la maturation, la quantité d'acide malique s'abaisse (de 0,2 à 0,08 méquive pour 100 semences); l'acide aconitique disparaît (de 0,25 à 0 méquive); l'acide citrique tend à s'accumuler (de 0,03 à 0,4 méquive) et devient prédominant.

Conclusion. — Chez les diverses espèces examinées, les jeunes graines immatures contiennent beaucoup d'acide malique et peu d'acide citrique. Elles peuvent présenter parfois de l'acide aconitique et, le plus souvent, de l'acide succinique. L'acide isocitrique n'y est pas décelable. Au cours de leur croissance et de leur maturation, les semences s'appauvrissent en acide malique mais s'enrichissent en acide citrique. La quantité d'acide citrique accumulée dépasse généralement la quantité d'acide malique disparue. L'accumulation du premier ne saurait donc provenir, dans sa totalité, de la transformation du second. On peut supposer que la déshydratation progressive de la graine, s'accompagnant d'un ralentissement des activités diastasiques, les enzymes responsables du déroulement du cycle de Krebs au-delà de l'acide citrique sont parmi les premiers à avoir leur activité réduite; ceci expliquerait l'accumulation de cet acide.

(1) *Comptes rendus*, **246**, 1958, p. 298.
(2) *Biokhimia*, **19**, 1954, p. 349.
(3) *Bull. Soc. Chim. biol.*, **38**, 1956, p. 481.
(4) *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1957, p. 376.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le cuivre agent indirect d'inactivation de l'auxine dans le métabolisme de* Nectria galligena *Bres.* Note de Mlle **Jeanne Berducou**, présentée par M. Raoul Combes.

La tyrosinase produite par *Nectria galligena* cultivé sur milieu de Knop additionné de doses relativement élevées de sulfate de cuivre lève l'inhibition de croissance provoquée sur ce champignon par l'acide indole-β-acétique. Cette enzyme active l'oxygène moléculaire et intervient dans les phénomènes respiratoires.

Nos études antérieures (1) ont établi que *Nectria galligena* synthétise et sécrète des doses appréciables d'auxine et que ce corps inhibe la crois-

sance du champignon, lorsque le milieu de culture en contient 20 mg/l. La sécrétion d'acide indole-β-acétique peut donc contrarier le développement normal de l'organisme poussant sur milieu synthétique. Dans une précédente Note (²) nous avons montré que le sulfate de cuivre incorporé dans le milieu utilisé stimulait la croissance de *Nectria galligena* et augmentait l'activité de la tyrosinase, enzyme produite par le champignon. Nous pouvions, *a priori*, penser que le cuivre rétablissant un équilibre de croissance, agissait sur l'auxine.

Cette hypothèse fut ainsi vérifiée expérimentalement :

Dans le milieu utilisé (Knop 1/2 + 30 g glucose + 13 g agar-agar purifié par litre), les doses suivantes d'acide indole-β-acétique (100 et 300 mg) et de sulfate de cuivre (1, 4, 10 mg) par litre furent ajoutées. Trois séries furent conduites dans chaque cas. Le milieu sans cuivre et avec addition des deux doses d'auxine servait de témoin. Les conditions expérimentales étaient les mêmes que dans notre précédent travail (²). Les résultats suivants ont été retenus :

Les tubes contenant 100 mg d'auxine ne présentent, au bout du quatrième jour de culture, aucun développement : par contre, en présence de 4 et 10 mg de SO_4Cu, on observe l'extension d'une auréole mycélienne de 15 mm de diamètre. Les poids secs établis au bout de 15 jours de croissance sont reportés dans le tableau I. Au terme de 25 jours de culture, alors que le mycélium occupe une faible circonférence (20 mm) dans les tubes contenant l'auxine, le champignon présente un développement normal dans tous les autres cas. En présence de 300 mg d'auxine, dose normalement toxique, le champignon résiste à l'auxine lorsque le milieu de culture contient 10 mg de SO_4Cu. Vingt-cinq jours après l'ensemencement une faible auréole (5 mm) est localisée autour de l'inoculum.

TABLEAU I.

Poids sec moyen en milligrammes (cinq cultures) de N. galligena *cultivé en présence de* 100 mg *d'auxine et de différentes doses de sulfate de cuivre.*

Milieu de base Knop au 1/2 + 100 mg/l d'acide indole-β-acétique.

Sans addition de SO_4Cu.	Concentration en SO_4Cu (mg/l)		
	1 mg.	4 mg.	10 mg.
15	30	60	70

Il ressort de ces expériences que, dans le cas présent, le sulfate de cuivre rétablit un équilibre perturbé par l'auxine et permet au champignon de réaliser un développement normal.

La mise en évidence de la tyrosinase par la méthode de Mc Leod (²) a été positive dans les tubes de culture contenant à la fois cuivre et acide indole-β-acétique. Cette constatation nous permet de penser que le cuivre

a joué un rôle indirect dans l'inactivation de l'auxine en permettant la production par le champignon de l'oxydase. Cette enzyme serait directement responsable de la levée d'inhibition de la croissance de *Nectria galligena* provoquée par l'acide indole-β-acétique.

Des travaux récents confirment la destruction de l'auxine par les oxydases (Sequeira et Steeves, Briggs et Ray, Ray et Thimann, Turian) [3] et certains auteurs attribuent un rôle important au cuivre, élément essentiellement oxydoréductible, dans les multiples réactions d'oxydations enzymatiques (Mc Elroy et Glass) [4]. Le mécanisme d'inactivation de l'auxine paraît cependant encore un peu obscur.

En ce qui nous concerne, nous avons suggéré [1] que l'inhibition de croissance provoquée par des doses élevées d'auxine était due à une altération de la respiration par modification du *r*H cellulaire. Ce travail confirme nos suggestions : les oxydases qui interviennent dans les phénomènes respiratoires, bloquent la respiration lorsqu'elles se trouvent inhibées pour une cause quelconque.

La tyrosinase sécrétée par le champignon joue donc vis-à-vis de l'organisme le rôle d'une véritable « vanne » à oxygène pour employer le terme préconisé par Nelson et Dawson [5], en rétablissant la respiration, fonction bloquée par des doses élevées d'auxine.

En conclusion, le sulfate de cuivre peut être considéré comme entrant dans la liste des corps chimiques (Nysterakis) [6] levant l'inhibition causée par de fortes doses d'auxine sur la croissance de cultures de *Nectria galligena* se développant sur milieu Knop 1/2. Il ne joue cependant qu'un rôle indirect en permettant au champignon de produire de la tyrosinase, enzyme inactivateur de l'auxine.

(1) J. Berducou, *Thèse Sciences*, Toulouse, 1957.

(2) *Comptes rendus*, 247, 1958, p. 127.

(3) L. Sequeira et T. Steeves, *Plant Physiol.*, 29, 1954, p. 11-16; W. R. Briggs et P. M. Ray, *Plant Physiol.*, 31, 1956, p. 165-167; P. M. Ray et K. V. Thimann, *Science*, 122, 1955, p. 187-188; G. Turian, *Physiologia Plantarum*, 10, 1957, p. 224-230.

(4) W. D. Mc Elroy, et B. Glass, *Copper metabolism animal, Plant and soil relationships*, The Johns Hopkins Press, 1950.

(5) J. M. Nelson et C. R. Dawson, *Advances in Enzymol.*, 4, 1944, p. 99-152.

(6) F. Nysterakis, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 818.

(*Laboratoire d'Agronomie générale, École Nationale Supérieure Agronomique, Toulouse.*)

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'influence du gemmage sur la constitution du bois chez le Pin maritime*. Note (*) de M. **Roger David** et Mlle **Claudette Ponchet**, transmise par M. Pierre Dangeard.

Le gemmage provoque dans l'aubier correspondant à la care les modifications suivantes : diminution du nombre des inclusions lipidiques spécialement dans les cellules sécrétrices et celles du parenchyme, passage de l'oléorésine dans la lumière de diverses trachéides, disparition de l'amidon ; il ne paraît pas modifier la répartition des composés catéchiques phloroglluciques.

Mer [1], Chattaway [2], Harris [3], Good, Murray et Dale [4] ont étudié le mécanisme de la transformation de l'aubier en bois parfait (duraminisation) chez diverses espèces d'arbres. Mer remarquait en outre que, chez le Pin maritime, le gemmage provoque, dans l'aubier correspondant à la care, des modifications aboutissant à la formation d'un bois analogue au bois de cœur. Au cours de travaux plus récents [5] il a été montré que les divers constituants de la lignine sont présents aussi bien dans le cœur, que dans l'aubier normal et le bois de care, la coloration brune de ce dernier étant due à une injection de l'oléorésine dans la lumière des trachéides. De plus, l'étude caryologique a permis de voir que, parallèlement à cette injection, les noyaux des cellules des rayons médullaires et des canaux sécréteurs s'altèrent progressivement puis disparaissent ; ceci paraît indiquer que la pénétration de l'oléorésine dans les trachéides s'opère au moment de la dégénérescence des cellules.

Il importait de préciser la nature des modifications histochimiques provoquées dans l'aubier par le gemmage et de les comparer à celles qui accompagnent la duraminisation naturelle.

La différence de solubilité des lipides et des résines dans l'alcool à 90° et le chloral permet de localiser ces substances dans les divers tissus après coloration au rouge Soudan. Ainsi, l'aubier normal contient des inclusions lipidiques dans les rayons médullaires, les cellules sécrétrices et le parenchyme ligneux. Elles sont plus abondantes dans la région externe de l'aubier que dans la région interne qui se transforme progressivement en bois de cœur, lequel en renferme très peu. Le gemmage entraîne dans l'aubier de care une diminution du nombre des inclusions lipidiques, notamment dans les cellules des canaux sécréteurs et du parenchyme.

Dans l'aubier normal les acides résiniques libres (décelés par l'acétate de Cu) se trouvent essentiellement dans la lumière et les cellules sécrétrices de quelques canaux, mais exceptionnellement certaines cellules du parenchyme et quelques trachéides voisines peuvent en contenir. Dans le cœur les cellules sécrétrices et parenchymateuses contenant des acides résiniques libres sont plus nombreuses que dans l'aubier normal. On observe parfois

la présence de ces acides dans la lumière de certaines trachéides d'été. Le gemmage provoque le passage des acides résiniques dans les trachéides (de printemps et d'été) de l'aubier correspondant à la care, cependant nous avons constaté que ce phénomène se fait de façon plus ou moins régulière (injection d'un nombre variable de trachéides) suivant l'âge des arbres au moment du gemmage et les conditions de milieu auxquelles il a été soumis.

La comparaison de coupes colorées au rouge Soudan, soit directement, soit après traitement par le chloral, et de coupes traitées par l'acétate de cuivre montre que des substances soudanophiles autres que les acides résiniques et les lipides se trouvent dans quelques cellules des rayons médullaires, des canaux sécréteurs et du parenchyme. Ces substances sont probablement de nature terpénique.

Divers auteurs ont signalé la présence de composés catéchiques phlorogluciques chez le Pin maritime (6), (7). Nous avons précisé leur nature et leur localisation dans le bois du tronc. En ce qui concerne l'aubier normal les rayons médullaires contiennent du leucoanthocyane, d'ailleurs en quantité très faible; les composés condensés se trouvent essentiellement dans les rayons médullaires, mais quelques cellules du parenchyme peuvent en contenir. Le gemmage ne paraît modifier ni la nature, ni la répartition de ces composés. La duraminisation naturelle (bois de cœur) s'accompagne d'un enrichissement du parenchyme ligneux et des rayons médullaires en composés condensés; de plus, ces composés se déposent dans la lumière de quelques trachéides (plus particulièrement celles d'été) et en imprègnent plus ou moins leurs membranes.

En ce qui concerne les glucides nous avons vérifié la présence de l'amidon dans les cellules des rayons médullaires et du parenchyme de l'aubier, mais nous n'avons jamais retrouvé cette substance dans le cœur. Le gemmage entraîne la disparition de l'amidon dans le bois correspondant à la care.

En résumé, la duraminisation provoquée par le gemmage diffère de la duraminisation naturelle. L'aubier de care contient plus de granulations lipidiques que le cœur; ses trachéides sont injectées d'oléorésine, phénomène très rare dans le cœur où les cellules sécrétrices et parenchymateuses contiennent aussi moins d'acides résiniques. Les membranes des trachéides du cœur sont beaucoup plus imprégnées par des composés phloroglucIques que celles de l'aubier de care qui est également moins riche en composés catéchiques très condensés.

(*) Séance du 16 juillet 1958.

(1) E. Mer, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 34, 1887, p. 341 et 42, 1895, p. 582.

(2) M. M. Chattaway, *Australian Forestry*, 16, n° 1, 1952, p. 25.

([3]) J. M. Harris, *The new physiologist*, 53, n° 3, 1954, p. 517.
([4]) H. M. Good, P. M. Murray et H. M. Dale, *Canad. J. Botany*, 33, n° 1, 1955, p. 31.
([5]) R. David, *C. R. Acad. Agric. Fr.*, 43, 1957, p. 225.
([6]) J. Masquelier et G. Sansous, *Bull. travaux Soc. pharm. Bordeaux*, juin 1952.
([7]) R. David et J. Masquelier, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1325.

PHYSIOLOGIE CELLULAIRE. — *Rôle des méats gazeux dans l'action des ultrasons sur les cellules foliaires d'*Elodea *et de* Mnium. Note de M. **Robert Pfirsch**, présentée par M. Roger Heim.

Des tourbillons et déchirures, obtenus dans les cellules végétales par action d'ultrasons, peuvent être provoqués en l'absence de cavitation par des bulles préformées, notamment des méats intercellulaires naturels. Ce mode d'action confirme les observations antérieures sur les systèmes périodiques de particules flottantes, liés également à des bulles irradiées.

Nous avons constaté, en étudiant l'action des ultrasons sur le pouvoir réducteur des cellules foliaires d'*Elodea*, que ces vibrations exercent une action en présence ou en absence de cavitation. En remplaçant les feuilles d'*Elodea* par des feuilles de *Mnium*, nous avons vu que l'action se manifestait seulement en cas de cavitation ([1]). La différence de comportement entre ces deux types de feuilles peut être due à une différence anatomique : la feuille d'*Elodea* est riche en méats gazeux, la feuille de *Mnium* en est dépourvue; les méats remplaceraient les bulles de cavitation. Cette hypothèse implique l'idée que l'action d'une bulle de cavitation ne se limite pas au moment même de sa formation mais qu'une activité importante persiste par la suite. Dans ce cas une bulle préformée, en l'occurrence un méat, peut remplacer, du moins dans certaines fonctions, une bulle de cavitation. A l'appui de cette hypothèse nous avons entrepris les expériences qui suivent.

Nous prenons comme test de l'action ultrasonore les destructions mécaniques directement observables au microscope. On sait que les ultrasons de forte intensité provoquent dans une feuille d'*Elodea* ou de *Mnium* des destructions cellulaires localisées à l'endroit où se fixe momentanément une bulle de cavitation. Ces zones de destruction sont réparties irrégulièrement sur la surface de la feuille. L'observation d'une cellule au microscope durant le traitement montre que le processus de destruction peut être décomposé en trois phases faciles à distinguer : 1° brassage du contenu cellulaire; 2° émulsion; 3° déchirement de la membrane.

Nous utilisons la fréquence de 350 kc, réglée à une intensité de 3 W/cm. Le temps de traitement est de 1 mn. La cuve servant aux expériences est formée d'un cylindre en verre dont la base est fermée par une mince feuille de cellophane. Ce récipient, rempli d'eau soigneusement dégazée sous vide,

est disposé sur le quartz. Dans ces conditions, les plantes traitées ne subissent pas l'action de la cavitation.

Nous soumettons à l'action des ultrasons des feuilles d'*Elodea* exposées à une forte lumière. L'apparition de bulles d'oxygène au niveau de coupure révèle la présence des méats. Après traitement nous constatons des destructions cellulaires importantes (brassage, émulsion, déchirements).



Fig. 1. — Action des ultrasons sur une feuille d'*Elodea*, en absence de cavitation. Les zones noires représentent les plages de cellules détruites. (G × 10.

Une certaine régularité dans la disposition des plages de cellules détruites apparaît. Cette particularité peut être due, soit à un nombre de méats plus important dans ces régions, soit à une dimension, des méats de ces zones, plus favorable à la fréquence utilisée (*fig.* 1). Nous reprenons cette expérience en cherchant à supprimer les méats. Dans ce but les feuilles sont soumises à un dégazage poussé, par le vide, et maintenues à l'obscurité afin d'éviter la formation des méats par dégagement d'oxygène. Ces feuilles traitées aux ultrasons ne révèlent aucune altération cellulaire apparente.

Dans une autre série d'expériences nous remplaçons les feuilles d'*Elodea* par des feuilles de *Mnium*. Les cellules des feuilles soumises à la cavitation sont presque toutes émulsionnées, de rares cellules subissent une destruction totale. Les feuilles traitées en absence de cavitation ne présentent pas d'altérations. Nous cherchons à placer au voisinage immédiat de la feuille une bulle gazeuse destinée à remplir le rôle d'une bulle de cavitation. Une feuille de *Mnium* est montée entre lame et lamelle dans une goutte d'eau de telle façon qu'une ou plusieurs petites bulles d'air restent dans la préparation au contact de la feuille. La lame est disposée sur un quartz sous le microscope. Dès la mise en marche du générateur on constate que les cellules qui se trouvent au voisinage immédiat d'une bulle sont rapidement perturbées. Les autres cellules de la feuille restent absolument intactes (*fig.* 2). Sur une feuille de *Mnium* on trouve fréquem-

ment une cellule morte, vide de son contenu, remplie d'air. Au moment du montage dans l'eau, entre lame et lamelle, cette cavité peut rester remplie d'air. On constate alors, durant l'irradiation aux ultrasons, que des altérations importantes ont lieu dans les cellules entourant cette cellule morte. Dans ces expériences, concernant les feuilles de *Mnium*, nous constatons l'absence d'effet de lumière.

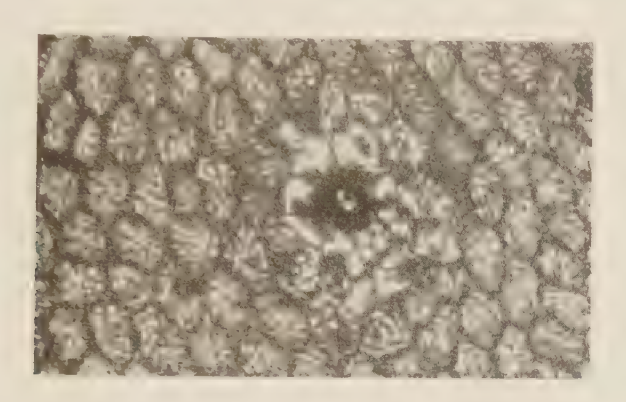


Fig. 2. — Destructions cellulaires provoquées dans une feuille de *Mnium* par une bulle gazeuse, durant le traitement aux ultrasons en absence de cavitation. (G × 40.)

Il est donc établi que des actions mécaniques puissantes se déchaînent autour de bulles placées sous un rayonnement ultrasonore. Ce résultat doit être rapproché d'observations antérieures concernant les systèmes périodiques de particules flottantes, apparaissant autour de bulles ultrasonnées (²). Dans tous les cas la phase gazeuse joue le rôle d'un transmetteur d'énergie mécanique, à partir de vibrations ultrasonores. Il reste à savoir si cette idée peut s'appliquer aux autres phénomènes étudiés : action exercée par les ultrasons sur la cyclose (³), sur le pouvoir réducteur (¹). Ces actions sont-elles dans leur principe de nature mécanique ou de nature chimique ? Leur permanence en l'absence de cavitation s'explique-t-elle par des bulles préformées ? Ces deux questions seront envisagées dans l'avenir.

(¹) *Comptes rendus*, **245**, 1957, p. 2361.
(²) *J. Phys. Rad.*, **13**, 1952, p. 26.
(³) *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 786.

ENDOCRINOLOGIE. — *Effet d'une hypophysostimuline à effet corticotrope sur la libération des corticostéroïdes in vitro.* Note (*) de M. **Étienne-Émile Baulieu**, Mlle **Monique de Vigan**, M. **Michel Privat de Garilhe**, Mlle **Claude Gros** et Mme **Cécile Mialhe-Voloss** (1), présentée par M. Robert Courrier.

In vitro, en présence de liquide d'incubation d'antéhypophyses de Rat, la surrénale du Rat sécrète principalement de la corticostérone, un Δ-4.3-céto 20-21-diol stéroïde X et de l'aldostérone; quand les hypophyses ont été incubées en présence d'une préparation d'hypophysostimuline à effet corticotrope, ces différents stéroïdes augmentent dans les mêmes proportions.

Nous avons montré (2) que la surrénale du Rat, incubée *in vitro* dans les conditions de la technique de Saffran et Schally (3), libère de la corticostérone, de l'aldostérone et un Δ-4.3-céto 20-21 diol stéroïde X. Par ailleurs les corticostimulines provenant des lobes antérieur ou postérieur d'hypophyses de Rat incubées *in vitro* augmentent de façon significative l'excrétion de ces trois stéroïdes par la surrénale *in vitro*.

Au cours de nos essais de purification de l'hypophysostimuline à effet corticotrope (corticotropin releasing factor ou CRF), nous avons observé que les différents extraits obtenus à partir de posthypophyse de Bœuf ou de Porc (4) augmentent de façon importante la libération de l'hormone corticotrope par l'antéhypophyse de Rat incubée *in vitro*; cette augmentation est mise en évidence par la mesure des corticostéroïdes totaux libérés par des surrénales de Rat que l'on fait incuber en présence de l'hormone corticotrope (ACTH) provenant des hypophyses stimulées. Nous étudions ici les variations des différents corticostéroïdes.

1. *Mise en évidence de l'augmentation de la sécrétion totale des corticoïdes sous l'influence du* $CRF\text{-}XVIII_2$ (5). — Nous avons fait trois séries d'expériences portant sur six hypophyses et 12 paires de surrénales (série I), dix hypophyses et 16 paires de surrénales (série II), huit hypophyses et 16 paires de surrénales (série III). Les lobes antérieurs sont coupés en deux; des deux moitiés, l'une est mise dans une fiole F_1, l'autre dans une fiole F_2; chaque fiole contenant 1 ml de liquide de Krebs-Ringer est mise dans un appareil de Warburg à 38°. Après barbottage pendant 1 mn d'un mélange gazeux (5 % de CO_2 et 95 % de O_2), on fait une première incubation de 10 mn; on élimine le liquide de première incubation qu'on remplace alors dans F_1 par 1,5 ml de Krebs-Ringer, et dans F_2 par 1,4 ml de Krebs-Ringer et 0,1 ml contenant 5 ou 10 μg de $CRF\text{-}XVIII_2$. Après passage du mélange gazeux, on fait une seconde incubation de 2 h; le tissu hypophysaire est ensuite pesé. La préincubation des surrénales se fait pendant la deuxième heure de la seconde incubation des hypophyses. Pour préparer les surrénales, on utilise des rats qu'on anesthésie au nembutal; chaque surrénale est coupée en 4; les huit quarts de chaque paire de surrénales

sont mis chacun dans une fiole (U) d'un appareil de Warburg. Après une préincubation de 1 h dans 1,5 ml de Krebs-Ringer, on élimine le liquide de première incubation et l'on fait une seconde incubation de 2 h. Pour cela, on met dans quatre fioles U_1, U_2, U_3, U_4, 1,2 ml de Krebs-Ringer et 0,3 ml de liquide d'incubation de F_1, et dans quatre fioles U_5, U_6, U_7, U_8, 1,2 ml de Krebs-Ringer et 0,3 ml de liquide d'incubation de F_2. A la fin de l'expérience on recueille 1,3 ml de chaque fiole (U) auxquels on ajoute 2,6 ml de dichlorométhane distillé. On agite et l'on centrifuge; sur le liquide d'extraction, on mesure les Δ-4.3-cétostéroïdes à l'électrophotomètre de Beckman par la différence des absorptions à 240 et 255 mμ ([3]). Le tableau I résume les résultats. On voit que la quantité de stéroïdes libérée est beaucoup plus importante lorsque l'hormone corticotrope provient d'hypophyses stimulées par le CRF-XVIII_2.

TABLEAU I.

Série.	Poids des surrénales (mg).	CRF-XVIII_2 (μg).	Poids des hypophyses (mg).	E(240)-E(255) pour 10 mg de surrénales	pour 10 mg d'hypophyse.
I	35,1-35,9 35,1-35,4	0	18,9	32,8 ± 0,8	17,3
	36,7-37,0 35,0-33,5	5	19,2	56,6 ± 1	29,4
II	54,8-55,1 48,8-52,8	0	25	36,9 ± 0,4	14,7
	54,3-51,0 52,3-52,6	10	23	80,2 ± 1,2	34,8
III	51,9-45,3 50,3-48,0	0	16,7	33,1 ± 0,9	19,8
	49,3-48,7 48,6-48,2	10	15,8	52,2 ± 0,9	33,0

2. *Action du* CRF-XVIII_2 *sur l'excrétion des divers corticostéroïdes.* — On réunit les phases organiques des fioles U_1, U_2, U_3 et U_4 d'une part, et des fioles U_5, U_6, U_7 et U_8 d'autre part, provenant des trois séries d'expériences. L'analyse porte donc sur les corticostéroïdes libérés par 546,5 mg de surrénales stimulées par l'ACTH provenant de l'incubation de 60,6 mg de tissu hypophysaire et sur les stéroïdes sécrétés par 547,2 mg de surrénales stimulées par l'ACTH provenant de l'incubation de 58 mg d'hypophyses soumises à l'action du CRF-XVIII_2. La méthode utilisée est fondée sur la migration des corticostéroïdes dans au moins deux systèmes différents de chromatographie sur papier ([2]) parallèlement à des stéroïdes de référence.

On caractérise les groupes Δ-4.3-cétoniques et 20.21-cétoliques ou 20.21-diols dont les stéroïdes sont éventuellement porteurs ([2]); nous avons systémati-

quement utilisé la réaction à l'acide phosphorique ([6]) et mesuré semi-quantitativement les divers stéroïdes; le tableau II résume les résultats du premier chromatogramme (préparatif) pour quatre groupes de stéroïdes bien définis. On observe que les rapports entre les diverses catégories sont donc approximativement conservés et que le $CRF\text{-}XIII_2$ ne fait qu'augmenter la sécrétion surrénale provoquée par le tissu hypophysaire non stimulé, sans l'altérer qualitativement. Plus précisément, nous avons identifié par des chromatographies itératives la corticostérone, le stéroïde X, l'aldostérone, la 11-déshydrocorticostérone, et la désoxycorticostérone, comme produits de la sécrétion surrénalienne sous l'effet de l'ACTH provenant d'hypophyses stimulées ou non par le $CRF\text{-}XVIII_2$. Leurs rapports quantitatifs réciproques ne sont pas modifiés. De plus, certains corps inconnus, l'un réagissant avec le bleu de tétrazolium et deux autres probablement Δ-4.3-cétoniques se retrouvent également proportionnellement accrus sous l'effet du $CRF\text{-}XVIII_2$.

Tableau II.

	Hypophyses I + II + III (µg).	Hypophyses + $CRF\text{-}XVIII_2$ I + II + III (µg).
Corticostérone	40	80
Aldostérone	3	9
Stéroïde X	15	30
11-déhydro-corticostérone + désoxycorticostérone	2	4

Nous n'avons pu identifier les quelques substances inconnues retrouvées accessoirement sur les chromatogrammes de certaines expériences avec ou sans CRF. Enfin, la substance hypophysostimulante ne provoque pas la formation de 17α-hydroxycorticostéroïde (cortisol, cortisone, 11-désoxycortisol ou composé S).

En conclusion le $CRF\text{-}XVIII_2$ ne semble donc agir qu'en augmentant l'activité corticotrope hypophysaire sans en modifier la nature : sous l'influence de l'ACTH sécrétée, les différents stéroïdes produits par la surrénale semblent augmenter dans les mêmes proportions.

(*) Séance du 16 juillet 1958.

(1) Avec la collaboration technique de Mlle Yveline Lozac'h.

(2) C. Mialhe-Voloss et E. E. Baulieu, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 639.

(3) M. Saffran et A. V. Schally, *Endocrinol.*, 56, 1955, p. 108.

(4) M. Privat de Garilhe, Cl. Gros, J. Chauvet, Cl. Fromageot, C. Mialhe-Voloss et J. Benoit, *Bioch. Biophys. Acta* (sous presse).

(5) Le $CRF\text{-}XVIII_2$ est obtenu à partir de poudre de posthypophyse de Porc par extraction à l'acide acétique 0,5 %, dialyse et chromatographie du dialysat sur Amberlite IRC 50. Le $CRF\text{-}XVIII_2$ est une fraction des peptides basiques élués au cours de cette chromatographie selon la méthode décrite de façon détaillée dans un article actuellement sous

presse ([5]). Le CRF-XVIII$_2$ contient encore 22 U.I. de vasopressine par milligramme et ne renferme pas d'activité corticotrope.

([6]) R. NEHER et A. WETTSTEIN, *Helv. Chim. Acta.*, 34, 1951, p. 2270.

(E.-E. BAULIEU et Mlle M. DE VIGAN, *Faculté de Médecine, Chimie médicale;*
M. PRIVAT DE GARILHE et Mlle CL. GROS, *Faculté des Sciences, Chimie biologique;*
Mme C. MIALHE-VOLOSS, *Collège de France, Histophysiologie.*)

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Étude des particularités électroniques du tissu rétinien.* Note de MM. **PIERRE DOUZOU, CHARLES JAULMES, HENRI LEMARCHANDS, JACQUES MONDY** et **JEAN GUÉZENNEC**, présentée par M. Robert Courrier.

La compréhension du mécanisme intime permettant à la rétine de rivaliser avec les meilleures photocellules se heurte on le sait à des obstacles majeurs.

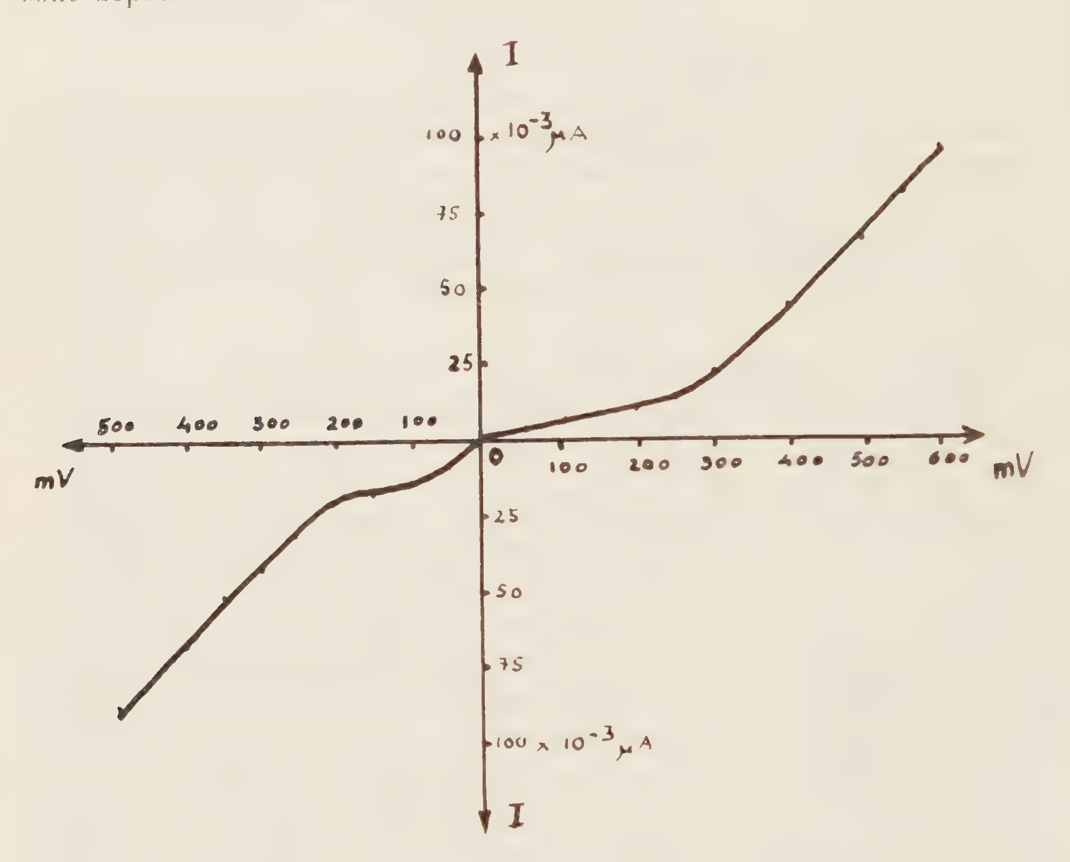
Les pigments qui assurent la détection de certaines radiations électromagnétiques sont considérés comme des médiateurs photochimiques chargés d'une conversion énergétique difficile à interpréter, et au cours de laquelle ils font preuve d'une remarquable faculté de régénération, contrastant avec la vulnérabilité de leur molécule placée en solution. Il est vrai qu'*in situ*, le degré d'organisation des pigments est tout autre puisque ceux-ci sont en quelque sorte « adsorbés » sur les cônes et les bâtonnets. Certains clichés de microscopie électronique révèlent l'existence d'une ultra-structure voisine de l'état cristallin, qualité qui nous a parue susceptible de conférer à la rétine les caractères électriques particuliers à l'état solide.

Dans le but de contrôler une telle suggestion, on a prélevé des rétines de jeunes rats d'élevage : celles-ci constituent un voile d'épaisseur non négligeable et, déployées, sont séchées sur feuilles de palladium (épaisseur : 25/1000e) auxquelles elles adhèrent parfaitement.

La résistance qu'offrent de telles préparations au passage du courant est de l'ordre de 20 MΩ. La conductibilité électrique subit des modifications appréciables en fonction du champ électrique appliqué au tissu rétinien. Le diagramme ci-contre, retraçant la fonction $I = f(v)$ démontre l'existence de l'effet Zener (effet de claquage), permettant d'attribuer aux préparations étudiées un caractère semi-conducteur. L'exploration du tissu rétinien à l'aide d'une électrode de pression assujettie à un dispositif micrométrique permet de déceler l'existence d'une force électromotrice dont le sens peut varier selon le point de contact établi, et dont l'intensité, maximum à la pénombre (100-150 mV), s'atténue lentement lors de l'exposition à la lumière artificielle diffuse (10-30 mV). L'éblouissement du

tissu (2 000-3 000 lx, 1-2 mn) supprime la force électromotrice qu'un séjour prolongé à l'obscurité suscite à nouveau.

Ce cycle aisément reproductible n'a pu être jalonné par des mesures effectuées pour différentes intensités lumineuses, intermédiaires entre l'obscurité et l'éblouissement : les réponses qu'on enregistre en pareils cas sont dépourvues de sensibilité.



Ce résultat peut être attribué, entre autres :

1° à la difficulté d'établir un contact reproductible ou immuable;

2° au rôle d'écran que jouent inéluctablement mais d'une manière inégale l'épithélium pigmentaire ou les structures rétiniennes mortes, selon la disposition du tissu sur la feuille de palladium.

Ces structures paraissent jouer, à l'occasion, le rôle d'un condensateur dont on intercepte souvent la décharge.

Des fragments d'encéphale, de mésentère et de choroïde, préparés dans les mêmes conditions n'ont de commun avec la rétine que leur résistance, encore que celle des premiers soit bien plus élevée.

Ceci nous incite à attribuer les caractères électriques précédemment établis aux pigments rétiniens, dont le comportement évoque curieusement

celui de ces cristaux qu'une intense irradiation décolore, processus interprété par le mouvement qui affecterait alors les électrons de leur bande de conduction vers leur bande de valence.

On ne saurait, à moins d'opérer sur des cristaux isolés, garantir l'authenticité de cette analogie. D'autant que des expériences en cours révèlent la complexité du mécanisme responsable de la photoconductivité du tissu rétinien : les réponses qu'on enregistre ne laissent, par contre, aucun doute sur la nature des modifications que provoque l'absorption de la lumière. On soulignera l'identité d'un tel résultat et de celui, récemment obtenu par E. Roux et L. Foissac, sur les tissus foliaires [1].

Et puisque ce sont des considérations d'ordre structural qui nous ont conduits à entreprendre ce travail, on peut se demander si certains tissus ou inclusions cellulaires — dont le degré d'organisation épouse parfois la perfection cristalline — ne relèvent pas partiellement des lois de la Physique du Solide.

C'est ce que nous nous proposons d'étudier dans un proche avenir.

(1) E. Roux et L. Foissac, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 2677.

(*Section technique d'Études et de Recherches du Service de Santé des Armées, Paris.*)

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'état du glycogène dans le foie du Rat.* Note (*) de MM. **François Meyer** et **Jean-Pierre Zalta**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Le glycogène hépatique peut être extrait dans sa totalité sous forme de glycogène particulaire, soluble dans l'acide trichloracétique. Ceci conduit à mettre en doute la validité du mode de préparation et la définition de Willstätter du desmoglycogène.

Willstätter [1] admettait que la précipitation des protéines par l'acide trichloracétique (TCA) dilué, permet de séparer le glycogène tissulaire en glycogène lié (desmoglycogène) et en glycogène libre (ou lyoglycogène). Tout l'intérêt qui a été porté à ces deux fractions par de nombreux auteurs [[2] à [7]] s'appuyait sur la supposition qu'elles représentent deux formes différentes et fondamentales du glycogène dans le métabolisme cellulaire.

Une série de travaux antérieurs ne nous ont cependant pas permis de confirmer ces idées. Si le desmoglycogène se présente différemment du lyoglycogène, il ne semble pas avoir une signification physiologique qui le distingue du lyoglycogène défini par Willstätter. En effet :

La relation pondérale entre desmo- et lyoglycogène dans des conditions déterminées est

stable. Nous n'avons pu la faire varier par aucune de nos nombreuses modifications des conditions physiologiques (interventions hormonales, variation de régime) que nous avons étudiées.

L'étude de l'incorporation du glucose marqué en ^{14}C n'a confirmé aucune des hypothèses qu'on a pu formuler au sujet du rôle physiologique du desmoglycogène ([8]), ([9]).

Ces échecs nous ont amenés à entreprendre un examen critique de la méthode de Willstätter pour l'étude du glycogène lié aux protéines.

Les travaux de Lazarow ([10]) ayant montré que le glycogène peut être isolé sous forme de glycogène particulaire, nous nous sommes adressés aux méthodes relativement douces de fractionnement cellulaire par centrifugation différentielle.

Méthode. — Des rats Whistar de 250 g nourris au régime standard ont été utilisés. Le foie est prélevé, refroidi et découpé en petits morceaux qu'on introduit dans le broyeur de Potter. On broye dans du saccharose 0,25 M, 20 ml pour 10 g de foie, pendant 3 mn. On obtient un culot contenant noyaux, débris cellulaires et la majeure partie des mitochondries. Le surnageant est soumis à une autre centrifugation de 150 000 G pendant 30 mn. On obtient deux couches bien sédimentées, l'une au fond du tube contient le glycogène cellulaire, l'autre est composée de microsomes.

Afin de réunir la plus grande partie du glycogène nous avons lavé par la solution de saccharose deux fois le culot provenant de la centrifugation à 8000 G ainsi que les microsomes. Cet enrichissement successif nous a permis d'obtenir un rendement de 98 % du glycogène total hépatique.

Le glycogène se présente sous forme d'une masse gélatineuse légèrement jaunâtre et parfaitement transparente. Il a une pureté de 88 % en moyenne. Après mise en suspension dans ClNa 9 % suivi d'une centrifugation de 500 G (8 mn) on élimine des impuretés qui sédimentent plus vite et qui contiennent de l'azote; on sépare le glycogène du surnageant au moyen d'une autre centrifugation de 30 000 G sous forme d'un culot incolore et dont le réducteur présente après hydrolyse 98 % du poids sec.

Le glycogène ainsi isolé présente les mêmes caractéristiques que celles du glycogène particulaire, décrit par Lazarow ([10]). Il a comme celui-ci une constante de sédimentation S_{20} de 196. Cette constante et une détermination par la méthode de diffusion de la lumière permettent de lui assigner un poids moléculaire de 20 millions.

Par des purifications successives nous avons obtenu des préparations ne contenant que 0,1 ‰ d'azote-α-aminé, ce qui correspond environ à 1,4 ‰ de protéines, donc moins encore que les préparations de Lazarow, qui, elles, en contenaient 10 ‰.

Il était intéressant de connaître l'effet du TCA sur ce glycogène particulaire :

a. le TCA 0,25 N permet la dissolution complète du glycogène particulaire;

b. le glycogène particulaire subit sous l'action du TCA une fragmentation en particules qui sont en moyenne de quatre à six fois plus petites que les particules primitives.

Les 2 % de glycogène retenu dans les différentes fractions lors de l'extraction du glycogène particulaire sont extractibles par le TCA, ils ne contiennent pas de desmoglycogène.

Il semble que l'existence de ce qu'on appelle le desmo-glycogène soit liée à l'intégrité cellulaire au moment du traitement par le TCA.

Ceci paraît être confirmé par l'expérience suivante : Une émulsion de leucocytes sans broyage préalable précipite sous l'action du TCA en ne libérant pratiquement pas de glycogène. Par broyage dans l'appareil de Potter dans du saccharose 0,25 M avant la mise en contact avec le TCA on libère le glycogène qui devient soluble. La même observation peut être faite pour le foie : 90 % du desmoglycogène obtenu par le broyage au mortier du foie d'un animal nourri, disparaît lorsqu'on améliore la technique du broyage, ce qui enlève toute signification à une relation pondérale entre desmo- et lyoglycogène.

L'amélioration du broyage provoque à elle seule un transfert du desmo- vers le lyoglycogène.

En conclusion : 1° Du fait de l'isolement de la presque totalité du glycogène hépatique sous forme de glycogène particulaire extrêmement pauvre en protéine et sa dégradation sous influence du TCA on peut contester la validité de l'utilisation du TCA pour la caractérisation d'un glycogène-protéine.

2° L'impossibilité de relier le desmoglycogène défini selon Willstätter à une fonction physiologique établie, le doute jeté sur la validité de l'extraction à l'acide trichloracétique par les modifications des particules de glycogène qu'elle entraîne, ainsi que la variation du taux de desmoglycogène selon la méthode de broyage, nous donnent à penser que la séparation en desmo- et lyo-glycogène, par l'action du TCA sur les tissus, ne représente pas, contrairement à ce que Willstätter ainsi que de nombreux chercheurs après lui avaient supposé, une différenciation correspondant à une individualité physiologique.

(*) Séance du 16 juillet 1958.

(1) R. Willstätter et M. Rohdewald, *Z. Physiol. Chem.*, 225, 1934, p. 103.
(2) J. Wajzer, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 21, 1939, p. 1242.
(3) W. L. Bloom, *Amer. J. Physiol.*, 186, 1956, p. 518.
(4) J. A. Russel et W. L. Bloom, *Amer. J. Physiol.*, 183, 1955, p. 345.
(5) M. Kerly et J. H. Ottaway, *J. Physiol.* (eng.), 123, 1954, p. 516.
(6) A. J. M. Kits Van Heijningen, *Biochem. J.*, 58, 1955, p. 487; 65, 1957, p. 111.
(7) S. L. Leonard, *Endocrinology*, 57, 1955, p. 393.
(8) M. Loureau et F. Meyer, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1688.
(9) M. Lourau et F. Meyer, *J. Physiol.*, 50, 1958, p. 5.
(10) A. Lazarow, *Anat. Rec.*, 84, 1942, p. 31.

(*Institut de Biologie physicochimique, Service de Chimie biologique.*)

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Fluor normal des Abeilles.* Note de MM. **Jean Guilhon, René Truhaut** et **Jean Bernuchon**, présentée par M. Clément Bressou.

Dosage du fluor dans le corps des abeilles ouvrières par la méthode de R. Fabre, R. Truhaut et A. Rouquette modifiée. Résultat obtenu : quantité moyenne de fluor par abeille : 0,53 μg.

Dans un travail relatif à la composition minérale de l'Abeille, Frédéric Aronssohn [1] a fait connaître, en 1911, que les cendres des mâles représentent un peu plus de 1/20e (1/23e) de leur poids et qu'elles renferment cinq métalloïdes (chlore, iode, soufre, arsenic, phosphore) et dix métaux (silicium, cuivre, fer, manganèse, zinc, aluminium, calcium, magnésium, potassium, sodium) en proportions variables. A la fin de la liste des corps trouvés, l'auteur mentionne le fluor avec un point d'interrogation.

Diverses circonstances nous ayant créé l'obligation de connaître, très exactement, le taux normal de cet élément, dans le corps des abeilles ouvrières, nous l'avons recherchée systématiquement à partir des prélèvements effectués dans des régions très différentes, mais indemnes de sources naturelles (gisements fluorés) ou industrielles (fabrication d'aluminium, de superphosphates, verreries, etc.) de fluor.

Les abeilles prélevées vivantes, le plus souvent à la sortie de la ruche, nous ont été adressées aux fins d'analyse, à diverses époques de l'année, du printemps à l'automne. Afin d'éviter l'interférence du fluor externe périphérique contenu éventuellement dans des poussières, retenues par le revêtement pileux des abeilles, elles furent brossées, lavées et séchées à la température du laboratoire, avant d'être soumises à la calcination.

Le microdosage du fluor interne des abeilles fut effectué à partir d'échantillons d'un poids de 1 à 2,5 g selon la méthode de R. Fabre, R. Truhaut et A. Rouquette [2], récemment modifiée, par R. Fabre, R. Truhaut et J. Bernuchon, de telle manière que la phase terminale du dosage ne comporte plus l'utilisation d'alizarine-sulfonate de sodium, mais celle d'un colorant azoïque résultant de la copulation du diazo de l'acide *p*-sulfanilique avec le sel de sodium de l'acide chromotropique ou acide dihydroxy-1.8 naphtalène disulfonique-3.6 « SPADNS » de Bannerjee [3].

Les résultats obtenus, en microgrammes, par abeille, sont indiqués ci-après, par régions et localités.

L'examen des chiffres ci-contre montre que la quantité de fluor contenue dans le corps des butineuses varie entre 0,22 et 0,98 μg (moyenne : 0,53 μg).

Les doses les plus faibles (0,22 et 0,29 μg) furent trouvées dans des ouvrières provenant des landes girondines et du département du Var,

alors que les plus élevées (0,86 et 0,98 μg) furent décelées dans des prélèvements effectués en Haute-Savoie et aux environs de Bordeaux.

Ariège	Foix	0,78	Hautes-Alpes	Latourronde	0,29
	Herm	0,67	Haute-Garonne	Toulouse	0,62
Gers	Larroque	0,30		»	0,65
Gironde	Talence	0,51	Haute-Marne	Torcenay	0,40
	»	0,46	Haute-Savoie	Bellevaux	0,46
	La Tresne	0,73		»	0,86
	»	0,37	Seine-et-Oise	Glatigny	0,82
	»	0,98	Var	Hyères	0,28
	Toctoucau	0,66		»	0,56
	»	0,50		»	0,58
	Gujan	0,58		Le Muy	0,27
	»	0,42		»	0,62
	»	0,22	Algérie	Perrégaux	0,32
	»	0,57	Soudan	Bamako	0,42
	Podensac	0,55		»	0,50

En conclusion, dans des conditions de vie normale, les abeilles ouvrières renferment constamment dans leurs corps, une faible quantité de fluor; cette quantité est variable, mais reste toujours inférieure à 1 μg. Cette donnée nous apparaît fondamentale pour pouvoir apprécier l'éventuelle imprégnation fluorée des abeilles sous l'influence des émanations d'origine industrielle.

(1) F. Aronssohn, *Comptes rendus*, **152**, 1911, p. 1183-1184.
(2) R. Fabre, R. Truhaut et A. Rouquette *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 226.
(3) G. Bannerjee, *Anal. Chim. Acta*, **146**, 1955, p. 417-422.

(*Laboratoire de Parasitologie de l'École vétérinaire d'Alfort et Laboratoire de Toxicologie de la Faculté de Pharmacie de Paris*).

PHYSIOLOGIE CELLULAIRE. — *Couplage entre la déshydrogénation du pyruvate et la réduction du nitrite chez les bactéries sulfatoréductrices. Nature du transporteur d'hydrogène.* Note (*) de MM. **Francis Pichinoty** et **Jacques C. Senez**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

En présence de pyruvate, les suspensions et les extraits de *Desulfovibrio desulfuricans* réduisent le nitrite en ammoniaque par l'intermédiaire du cytochrome c_3.

Nous avons signalé dans une Note antérieure (1) que les bactéries sulfatoréductrices réduisent l'hydroxylamine et le nitrite en ammoniaque, aux dépens de l'hydrogène moléculaire. Par la suite (2), (3), nous avons démontré l'intervention du cytochrome c_3 dans ces processus liés à l'activité de l'hydro-

génase et nous avons précisé que la réoxydation du cytochrome par l'hydroxylamine est une réaction non enzymatique, ne faisant pas intervenir de « réductase » spécifique.

Des expériences préliminaires ayant montré que les bactéries sulfato-réductrices sont également capables de réduire le nitrite aux dépens du pyruvate, il nous a paru intéressant de comparer ce nouveau système enzymatique aux précédents.

Desulfovibrio desulfuricans (Souche Gaz 54, NCIB 8386) a été cultivé en milieu lactate-sulfates-extrait de levure, dans les conditions déjà décrites ([3]), et les extraits bactériens ont été préparés suivant la technique de traitement ultrasonique employée par Millet ([4]) pour extraire la pyruvique-déshydrogénase du même organisme, mais en omettant toutefois l'addition de sulfate.

L'ammoniaque a été dosée par la méthode de Nessler, le nitrite par colorimétrie et l'acétate titrimétriquement, aprés entraînement par la vapeur en milieu sulfurique. La formation de CO_2 et les vitesses de réaction ont été mesurées par la méthode de Warburg, à 37° et à pH 7,0 (tampon phosphatique), sous atmosphère d'azote. Les expériences de réduction et d'oxydation des transporteurs d'hydrogène ont été réalisées à 25° et à pH 7,0 dans des cuves de 1 cm où l'anaérobiose était maintenue par une couche d'huile de vaseline. Les mesures spectrophotométriques ont été effectuées à 340 mμ pour les pyridine-nucléotides et à 553 mμ pour le cytochrome c_3, qui a été préparé suivant la technique de Postgate ([5]).

1° *Vitesses de réaction et bilans métaboliques.* — Les activités ont été mesurées en présence d'un excès (2,5 μmoles) de NO_2K, dans des systèmes contenant 5 μmoles de pyruvate. Le $+ Q_{CO_2}$ moyen des suspensions est de 60 μl par heure et par milligramme de bactéries (poids sec). Cette activité est identique à celle qu'on relève lorsque l'accepteur est le sulfate ($+ Q_{CO_2} = 56$) et il semble donc que la vitesse de la réaction globale soit réglée par la décarboxylation du pyruvate, indépendamment de la nature de l'accepteur. Pour les extraits, le $+ Q_{CO_2}$ moyen est de 200 par milligramme d'azote protéique.

Les bilans métaboliques ont été établis avec des suspensions bactériennes non proliférantes. A partir de systèmes contenant initialement 2 mmoles de pyruvate et un excès (1 mmole) de NO_2K, on a obtenu, après 4 h d'incubation sous azote, à 37° et à pH 7,0, 2,12 mmoles d'acétate. L'identité de l'acide acétique et le fait que cet acide gras est le seul formé ont été vérifiés en extrayant par l'éther le produit de la distillation acide et en procédant à une chromatographie gaz-liquide (appareil Griffin), sur colonne de célite imprégnée de tricrésylphosphate (1:0,2). En ce qui concerne la formation d'ammoniaque, on a opéré en systèmes contenant 15 μmoles de NO_2K et un excès (75 μmoles) de pyruvate. Après 5 h d'incubation sous vide à 37° et à pH 7,0, le nitrite a complètement disparu et l'on a relevé 14,4 μmoles de NH_3. Ces résultats concordent avec l'équation

$$3CH_3.CO.COOH + NO_2H + 2H_2O = 3CH_3.COOH + 3CO_2 + NH_4OH.$$

Il convient toutefois de souligner que les mesures du dégagement de CO_2

dans des systèmes contenant des quantités croissantes de pyruvate et un excès de NO_2K n'ont fourni que 70 à 80 % seulement des quantités correspondant au bilan théorique. Ce déficit important, qui a également été constaté avec les extraits, est trop constant pour être dû à des erreurs de mesure, mais sa cause n'a pas été déterminée.

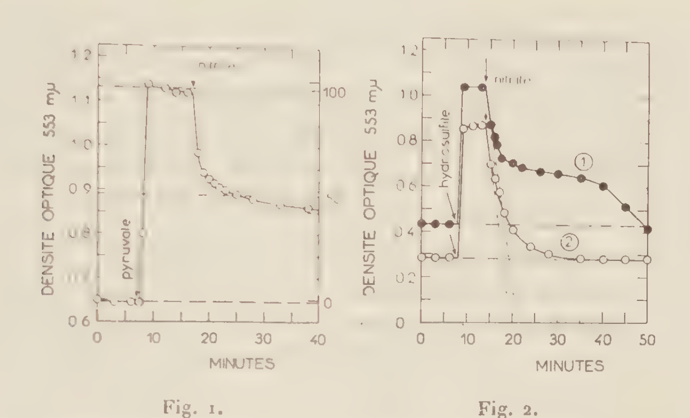


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Réduction du cytochrome c_3 par l'extrait en présence de pyruvate; réoxydation partielle par addition de nitrite.

Conditions : Cuve spectrophotométrique de 1 cm; t : 25°; pH 7,0 (tampon phosphates); volume total 3 ml; extrait : 0,3 ml; cytochrome c_3 : 0,43 mg (33½ mμU); pyruvate : 10 μmoles; NO_2K : 100 μmoles. Les lignes horizontales en pointillé correspondent de bas en haut à 0, 50 et 100 % de réduction du cytochrome.

Fig. 2. — Réduction du cytochrome c_3 par l'hydrosulfite; réoxydation par NO_2K en présence (courbe 1) et en absence (courbe 2) d'extrait.

Conditions : Cytochrome c_3 : 0,6 mg (45,6 mμU); hydrosulfite : 2 μmoles; NO_2K : 100 μmoles; = extrait : 0,1 ml. Les autres conditions sont identiques à celles de la figure 1.

2° *Mécanisme du transport de l'hydrogène entre le pyruvate et le nitrite.* — Les extraits capables de déshydrogéner le pyruvate et de réduire le nitrite ne réduisent pas les pyridines di- et trinucléotides (DPN et TPN) en présence de pyruvate, ce qui confirme les observations de Millet ([5]). Ils sont, d'autre part, incapables de réoxyder le DPNH en présence de NO_2K, avec ou sans addition de flavine adénine dinucléotide (FAD), et ne contiennent donc pas de système nitrite-réductase analogue à celui que Nason et coll. ([6]) ont extrait des cellules de *Neurospora crassa*. On a cependant constaté que les extraits contiennent une DPNH oxydase qui catalyse la réoxydation du coenzyme (I) par l'oxygène, en l'absence de tout autre accepteur exogène.

En anaérobiose et en présence de pyruvate, les extraits réduisent presque instantanément le ferricytochrome c_3 (*fig.* 1). L'introduction secondaire de NO_2K dans le système entraîne la réoxydation partielle du cytochrome et pour les conditions employées, où la concentration moléculaire de NO_2K est dix fois plus grande que celle du pyruvate, on constate qu'il s'établit entre les formes oxydée et réduite du cytochrome un équilibre dynamique sensiblement égal à 1 : 1, Ces faits montrent que le cytochrome c_3 assure, entre la déshydro-

génation du pyruvate et la réduction du nitrite, un couplage analogue à celui que ce transporteur réalise chez la même bactérie entre l'hydrogénase et l'hydroxylamine ([3]) :

$$\text{pyruvate} \xrightarrow[\text{pyruviquedéshydrogénase}]{(1)} \text{Cyt. } c_3 \xrightarrow{(2)} NO_2K.$$

La première étape de ce processus est catalysée par la pyruvique-déshydrogénase qui a été étudiée par Millet ([4]) et dont cet auteur a démontré l'identité avec le système de la réaction phosphoroclastique des Clostridies. Afin d'étudier la seconde étape, c'est-à-dire la réoxydation du transporteur par le nitrite, on a mesuré, en présence et en l'absence d'extrait, la vitesse de réoxydation par NO_2K du ferrocytochrome c_3 préalablement réduit par l'hydrosulfite. Les résultats obtenus (*fig.* 2) montrent que le cytochrome est réoxydé aussi rapidement en l'absence qu'en présence d'extrait. On peut, de ce fait, considérer que le système étudié ne contient très vraisemblablement pas de nitrite-réductase spécifique et que la seconde étape du processus est purement chimique.

Le couplage de la pyruvique-déshydrogénase de *D. desulfuricans* avec un cytochrome fournit un nouvel exemple de ce mode de transport de l'hydrogène, comparable à celui qui a été mis en évidence dans le cas de la succinique-déshydrogénase ([7]) et de la lactique-déshydrogénase de la levure ([8]).

(*) Séance du 16 juillet 1958.

([1]) *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 570.
([2]) *C. R. Soc. Biol.*, 150, 1956, p. 744.
([3]) *Biochim. Biophys. Acta*, 27, 1958, p. 569 et 28, 1958, p. 355.
([4]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 408.
([5]) *J. Gen. Microbiol.*, 14, 1956, p. 545.
([6]) A. Nason, R. G. Abraham et B. C. Averbach, *Biochim. Biophys. Acta*, 15, 1954, p. 160.
([7]) E. C. Slater, *Biochem. J.*, 45, 1949, p. 14.
([8]) S. J. Bach, M. Dixon et L. G. Zerfas, *Biochem. J.*, 40, 1946, p. 229.

(*Centre National de la Recherche Scientifique, C. R. S. I. M.,*
66, *rue Saint-Sébastien, Marseille.*)

IMMUNOLOGIE. — *Sur la présence simultanée d'antistreptolysine et d'antitoxine staphylococcique d'origine naturelle chez l'Homme.* Note (*) de MM. **Rémy Richou** et **Henry Richou**, transmise par M. Gaston Ramon.

On sait, depuis longtemps déjà, que l'Homme peut présenter, en dehors de toute immunisation artificielle, un certain degré d'immunité antistaphylococcique ([1]) caractérisée par la présence de l'antitoxine spécifique, à un taux plus ou moins élevé, dans son sérum. On sait également que

l'antistreptolysine [2] naturellement acquise peut être décelée, en plus ou moins grande quantité, dans de nombreux sérums humains.

Au cours de récents essais nous avons recherché simultanément dans 80 sérums humains, pris au hasard, l'antitoxine staphylococcique et l'antistreptolysine.

Pour le titrage de l'antitoxine staphylococcique nous avons utilisé la méthode hémolytique [3] qui s'est révélée à l'usage simple, facile et précise.

Pour le titrage de l'antistreptolysine, nous avons employé une méthode [4] calquée, à quelques détails près, sur la méthode précédente.

Les résultats de certains de ces essais sont consignés dans le tableau ci-joint.

N°s des sérums.	Antistreptolysine (en unités).	Antitoxine staphylococcique (en unités).	N°s des sérums.	Antistreptolysine (en unités).	Antitoxine staphylococcique (en unités).
7...	+300 —500	+0,5 —1	34...	+100 —200	+0,5 —1
8...	+100 —200	+0,5 —1	35...	+100 —200	—0,2
9...	+ 50 — 80	+5 —7	36...	+200 —300	—0,2
10...	+ 50 — 80	+0,2 —0,5	37...	+ 80 —100	+0,2 —0,5
11...	+ 50 — 80	+1 —3	38...	+ 50 — 80	+0,2 —0,5
13...	+200 —300	+0,2 —0,5	39...	+ 50 — 80	+0,2 —0,5
18...	50 80	0,2 0,5	40...	300 500	0,2 0,5
19...	+ 30 — 50	—0,2	41...	+ 30 — 50	+0,2 —0,5
20...	+ 10 — 30	—0,2	42...	+ 30 — 50	+0,2 —0,5
21...	+100 —200	+0,2 —0,5	43...	+ 30 — 50	—0,2
22...	+100 —200	+0,2 —0,5	74...	+100 —200	—0,2
24...	+ 30 — 50	+1 —3	75...	+ 10 — 30	+0,2 —0,5
32...	+100 —200	+1 —3	76...	+ 50 — 80	+0,2 —0,5
33...	+ 50 — 80	+0,5 —1	77...	+ 50 — 80	—0,2

A l'examen de ce tableau on constate que sur les 28 sérums humains examinés quant à leur contenu en antistreptolysine d'origine naturelle : 2 renferment plus de 10 et moins de 30 unités; 5 plus de 30 et moins de 50 unités; 9 plus de 50 et moins de 80 unités; 1 plus de 80 et moins de 100; 7 plus de 100 unités et moins de 200 unités; 2 plus de 200 et moins de 300 unités; 2 plus de 300 et moins de 500 unités.

En ce qui concerne l'antitoxine staphylococcique naturellement acquise : 7 sérums renferment moins de 0,2 unité; 13 entre 0,2 et 0,5 unité; 4 entre 0,5 et 1 unités; 3 entre 1 et 3 unités; 1 entre 5 et 7 unités; résultats comparables à ceux que nous avons obtenus antérieurement avec G. Ramon.

Ces résultats montrent que l'Homme est bien capable d'acquérir naturellement et simultanément l'immunité antistreptococcique et l'immunité antistaphylococcique d'origine naturelle, sans qu'il n'y ait entre elles aucun rapport quant à leur degré chez le même sujet.

Nous avons d'ailleurs constaté autrefois avec G. Ramon [5] que chez

l'Homme, chez le Singe et chez le Cheval, le taux d'antitoxine diphtérique d'origine naturelle n'est nullement en relation avec le taux d'antitoxine staphylococcique de même origine.

(*) Séance du 16 juillet 1958.

(1) G. Ramon, R. Richou et J. Descazeaux, *C. R. Soc. Biol.*, 119, 1935, p. 1070; *Revue d'Immunologie*, 1, 1935, p. 401.

(2) Consulter par exemple : L. Costil et V. Drouhet, *C. R. Soc. Biol.*, 147, 1953, p. 1779.

(3) G. Ramon et R. Richou, *Revue d'Immunologie*, 14, 1950, p. 161.

(4) R. Richou et H. Richou, *Revue d'Immunologie*, 1958 (sous presse).

(5) G. Ramon, R. Richou et J. Descazeaux, *loc. cit.*

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Modifications, chez le Lapin et le Rat, du taux des glycoprotéines sériques pendant l'évolution d'un abcès cutané.* Note de Mlle **Michelle Henon** et M. **Albert Delaunay**, transmise par M. Gaston Ramon.

Dans deux Notes précédentes, nous avons étudié les modifications apportées, chez l'animal, au taux des glycoprotéines sériques par une immunisation (1) ou une intoxication (2). Pour clore notre série de recherches en ce domaine, nous voudrions présenter aujourd'hui les résultats obtenus chez des lapins et des rats porteurs d'un gros foyer inflammatoire en évolution.

1. *Mode opératoire.* — Trois séries d'expériences séparées ont été faites. Au total, douze lapins ont reçu par voie sous-cutanée une injection (répartie en deux points) de 0,5 ml d'essence de térébenthine. Cette injection a donné naissance à une réaction inflammatoire locale extrêmement forte. Trois autres lapins servaient au même moment de témoins; ils ne recevaient, eux, aucune injection. Chez tous les animaux, avant, puis 24, 48, 72 h, deux et trois semaines après le début de l'expérience, un peu de sang était recueilli et, sur le sérum, était effectué un dosage de la fraction hexosamine des glycoprotéines par la méthode classique de L. A. Elson et W. T. Morgan (3). En même temps que la saignée, était faite une numération leucocytaire.

Dans une autre série de recherches, dans le sang de six animaux traités comme les précédents par de l'essence de térébenthine, nous avons dosé d'une part les hexosamines totales et, de l'autre, celles appartenant à la seule fraction perchlorosoluble du sérum. Les dosages, ici, ont été effectués seulement 24 et 48 h après l'injection sous cutanée.

2. *Résultats.* — Nous avons porté, dans le tableau I, les résultats fournis par le dosage des hexosamines du sérum total. Les chiffres représentent des moyennes. Celles-ci ont été calculées en additionnant les chiffres différentiels obtenus entre le titre originel (avant l'injection) et chacun des autres titres trouvés, puis en divisant cette somme par le nombre d'échantillons examinés.

Dans le tableau, la première colonne concerne les trois lapins témoins,

la seconde les douze lapins traités (l'ensemble correspondant à la première série d'expériences); la troisième colonne indique les différences finalement mises en évidence. Le signe + indique naturellement une augmentation, le signe — une diminution, du taux des hexosamines totales par rapport au taux initial.

TABLEAU I.

Variations observées dans la teneur en hexosamines du sérum total pendant l'évolution, chez des lapins, d'un abcès cutané.

Date du prélèvement de sang après l'injection de l'essence de térébenthine.	Lapins témoins.	Lapins traités.	Variations observées.
24 h	— 1	+ 11,6	+ 12,6
48 h	— 9,5	+ 20,75	+ 30,25
72 h	+ 2,5	+ 24	+ 21,5
Une semaine	+ 4	+ 22,5	+ 18,5
Deux semaines	— 9	+ 13,72	+ 22,72
Trois semaines	— 11,6	+ 13,2	+ 24,8

Les nombres (mg) ci-dessus indiquent l'importance des variations observées dans les titres en hexosamines pour 100 ml de sérum. Les sérums des lapins normaux contiennent en moyenne 80 ± 5 mg d'hexosamines pour 100 ml de sérum.

Le tableau II qui fait suite montre (il s'agit cette fois encore de moyennes) les variations observées (dernière série d'expériences) dans la teneur en hexosamines du sérum total et de la fraction perchlorosoluble du sérum, 24 et 48 h après l'injection, chez les lapins, d'essence de térébenthine.

TABLEAU II.

Teneur en hexosamines du sérum total et de la fraction perchlorosoluble du sérum pendant l'évolution d'un abcès cutané chez le Lapin.

	Date du prélèvement de sang		
	avant l'injection d'essence de térébenthine.	24 h après.	48 h après.
Teneur en hexosamines des glycoprotéines totales	88	103	99
Teneur en hexosamines des glycoprotéines perchlorosolubles	7,9	11,6	13

Les résultats, cette fois encore, se trouvent exprimés en milligrammes pour 100 ml de sérum.

La lecture des deux tableaux précédents indique que, chez les lapins porteurs d'un abcès sous-cutané, il y a augmentation progressive et nette (puisqu'elle peut être de l'ordre de 30 %) du taux des glycoprotéines totales du sérum. Cette augmentation atteignant en général son acmé 48 h après l'injection du corps irritant, mais pouvant persister des semaines

à un taux significatif. La même lecture montre que cette augmentation se reflète dans la fraction perchlorosoluble du sérum. Ici, elle semble même encore plus importante (plus de 60 %).

Ajoutons à ceci que, chez les animaux en expérience, on note, 24 et 48 h après l'injection d'essence de térébenthine, une légère leucopénie suivie d'un retour du nombre des globules blancs à la normale.

Ce fait une fois connu, il nous a paru intéressant de savoir si des résultats analogues seraient recueillis chez le Rat. Six rats de 140 g. environ ont reçu par voie sous-cutanée 0,4 ml d'essence de térébenthine. Les animaux ont été sacrifiés, 24 h (²), 48 h (²), et 72 h (²) plus tard. Deux rats normaux ont aussi été sacrifiés pour servir de témoins. Le tableau III (où, une fois de plus, les résultats sont exprimés en milligrammes d'hexosamines pour 100 ml de sérum) reproduit les moyennes trouvées.

Tableau III.

Teneur en hexosamines du sérum total pendant l'évolution d'un abcès sous-cutané chez le Rat.

	Animaux témoins.	Date du prélèvement de sang chez les animaux traités (après l'injection de l'irritant) 24 h.	48 h.	72 h.
Teneur en hexosamines du sérum total ...	103,5	128	125	134

Ce tableau suffit à montrer que, chez le Rat comme chez le Lapin, l'évolution d'un gros abcès sous-cutané est accompagnée par une augmentation fort sensible de la teneur du sérum total en hexosamines, partant en glycoprotéines.

3. *Conclusions.* — Le taux des glycoprotéines sériques ne s'élève pas seulement chez les animaux soumis à une immunisation ou à une intoxication (du moins par une endotoxine bactérienne, car des recherches inédites viennent de nous apprendre que ce taux ne change pas chez les lapins intoxiqués par l'adrénaline ou la colchicine). Il s'élève encore chez ceux qui portent, en quelque point de leurs tissus, une réaction inflammatoire d'évolution aiguë. L'augmentation maximum est atteinte rapidement (en 48 h), mais le retour des chiffres à la normale demande, pour se produire, plusieurs semaines.

(¹) A. Delaunay, M. Henon, P. Bruyet, Ch. Meignien et P. Beculard, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 810.

(²) M. Henon et A. Delaunay, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 1978.

(³) L. A. Elson et W. T. J. Morgan, *Bioch. J.*, 27, 1933, p. 1824.

RADIOPATHOLOGIE. — *Sur une relation possible, directe ou indirecte entre le nombre de cas de leucémie et la radioactivité du sol.* Note (*) de MM. **Marcel Roubault, Jean Pascal** et **René Coppens** [1], présentée par M. Francis Perrin.

Dans une région déterminée, les cas de leucémies d'adultes sont six fois plus nombreux sur les terrains granitiques (qui sont uranifères) que sur les autres terrains. Les cas se produisent surtout en bordure des massifs là où la radioactivité est généralement plus élevée, et l'on peut songer à l'action directe ou indirecte des rayons γ émis par les corps radioactifs naturels. Des mesures préventives semblent s'imposer.

S'il est reconnu depuis longtemps que les rayons X et les rayons γ émis par les corps radioactifs peuvent provoquer des leucémies, on admet généralement que, seuls, les rayonnements intenses peuvent être dangereux et l'on néglige l'effet des corps radioactifs naturels contenus dans le sol. Les observations suivantes semblent cependant indiquer que leur action pourrait être nocive.

En effet, l'un de nous a constaté, depuis 1941, dans une région couvrant à la fois des terrains granitiques et des schistes briovériens, 38 cas de leucémie (20 leucémies lymphoïdes et 18 leucémies myéloïdes) qui se répartissent ainsi :

Terrains granitiques (surface : 1 200 km²).			Autres terrains (surface 1 800 km²).		
Adultes.	Enfants.	Total.	Adultes.	Enfants.	Total.
24	3	27	6 [2]	5	11 [2]

ce qui donne en 15 ans :

	Sur terrain granitique.	Sur autre terrain.
Adultes..............	0,0200 cas par km²	0,0031 cas par km²
Enfants..............	0,0025 »	0,0027 »

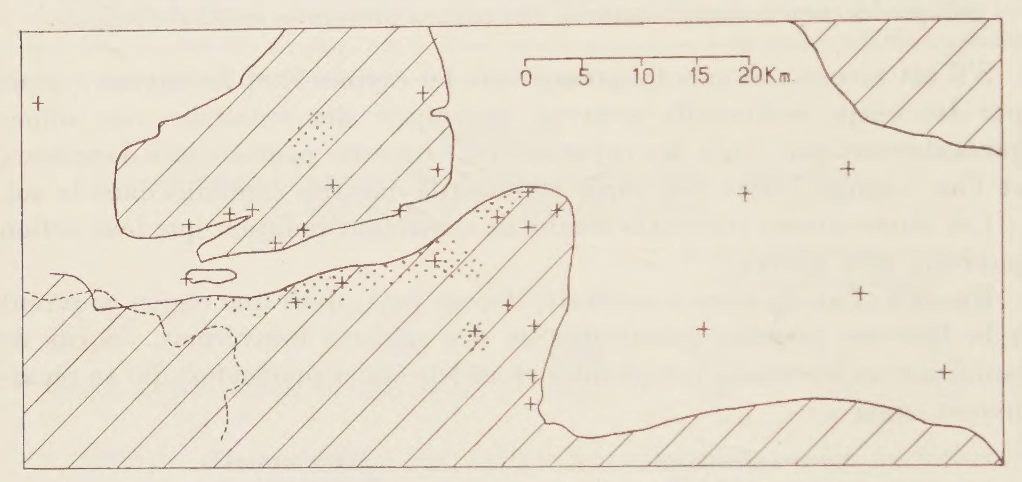
Plusieurs remarques peuvent être faites :

1° Les leucémies des adultes sont six fois plus nombreuses sur les terrains granitiques que sur les autres terrains. Par contre, on ne peut marquer aucune différence pour les leucémies des enfants. Le nombre des leucémies infantiles est évidemment trop réduit pour servir de base à une statistique valable, mais on ne peut s'empêcher de penser que ces leucémies pourraient avoir une origine différente de celles des adultes, d'autant plus que sur les cinq cas signalés sur le terrain non granitique, trois sont groupés dans un même centre urbain.

2° Le terrain granitique incriminé se trouve être richement uranifère. Plus de 70 points actifs ont été décelés et la prospection n'est pas terminée. Le report, sur une carte géologique des cas de leucémie et des indices radio-

actifs n'apporte pas toujours une coïncidence absolue, mais montre parfois des correspondances troublantes. En outre, on peut remarquer que les cas de leucémie se produisent surtout sur les bords des massifs, là où la radioactivité est généralement plus élevée.

Sans penser, d'une manière générale, à une action directe des rayons γ des minerais ce qui, vraisemblablement, n'aurait pu se produire que si le malade avait vécu dans une zone particulièrement active, on peut songer à l'absorption, par les eaux ou par les éléments, d'une dose exagérée de produits uranifères. Cette hypothèse s'appuie sur le fait que le puits d'un



Répartition géographique des cas de leucémie dans la région étudiée. En hachures : terrains granitiques. En blanc, schistes et phyllades divers (essentiellement briovérien).
+ Localisation précise des malades.
Zone uranifère reconnue.

village a été creusé sur un filon de chalcolite et que, d'autre part, des cultures diverses ont été faites sur des terrains uranifères donnant, au compteur, plusieurs milliers de chocs par secondes AVP, alors que la moyenne des terres stériles est de l'ordre de 20 à 30 chocs/s AVP.

On ne peut évidemment affirmer la relation entre le nombre de leucémies et l'action directe ou indirecte des sols radioactifs, mais les observations que nous rapportons et qui sont exposées sur la carte ci-jointe n'en restent pas moins inquiétantes, et le problème ne s'en trouve pas moins nettement posé.

Il en résulte que, dans certaines régions, l'analyse des eaux devrait comporter, non seulement la recherche des bactéries et de certains composés chimiques, mais aussi celle des produits radioactifs. Toute radioactivité anormale des eaux devrait être signalée au Service d'hygiène; dès maintenant il est en outre permis de se demander s'il ne serait pas opportun de prévoir une réglementation spéciale ayant pour objet de mettre les populations à l'abri des contaminations de cette nature.

(*) Séance du 16 juillet 1958.

(1) Document retiré du pli cacheté n° 13.634 déposé le 14 janvier 1957, ouvert à la demande des auteurs le 2 juin 1958.

(2) L'un d'eux est celui d'une Étrangère qui n'a vécu que quelques années dans le pays.

RADIOPATHOLOGIE. — *Remarques complémentaires sur la Note précédente.* Note (*) de MM. **Marcel Roubault**, **Jean Pascal** et **René Coppens**, présentée par M. Francis Perrin.

Dans la précédente Note (1), déposée sous pli cacheté le 14 janvier 1957, les auteurs attiraient l'attention sur le fait que dans une région limitée (3 000 km² environ) les cas de leucémie des adultes semblaient plus nombreux sur un terrain granitique (uranifère) que sur les autres terrains voisins.

Depuis la rédaction de cette Note, 12 nouveaux cas ont été enregistrés dans cette même région (7 sur terrain granitique, 3 sur autre terrain et deux enfants).

La nouvelle répartition s'établit ainsi :

Terrains granitiques. Surface : 1 200 km². Nombre d'habitants : 46 000.			Autres terrains. Surface : 1 800 km². Nombre d'habitants : 80 000 (2).		
Adultes.	Enfants.	Total.	Adultes.	Enfants.	Total.
31	3	34	9	7	16

Ce qui donne, en 16 ans :

	Sur terrains granitiques.	Sur autres terrains.
Adultes	0,026 cas par km²	0,005 cas par km²
	0,67 cas pour 1 000 hbts	0,11 cas pour 1 000 hbts
Enfants	0,0025 cas par km²	0,0038 cas par km²
	0,064 cas pour 1 000 hbts	0,088 cas pour 1 000 hbts

Les nouveaux cas n'ont donc pratiquement pas modifié le rapport du nombre des cas de leucémie des adultes qui restent environ six fois plus nombreux sur les terrains granitiques que sur les autres terrains. On doit, en outre, remarquer que si *tous* les malades des terrains granitiques étaient nés dans le pays de familles habitant la région depuis plusieurs générations, deux malades des terrains non granitiques n'habitaient la région que depuis quelques années.

Par contre, les leucémies des enfants semblent plus nombreuses sur le terrain non granitique, mais il faut enregistrer le fait que les deux cas nouveaux se trouvent encore groupés dans le centre urbain signalé dans la précédente Note.

Les statistiques que nous apportons s'appuient, évidemment, sur un nombre restreint de données. Elles ont pour seul but d'attirer l'attention et d'être le point de départ de recherches plus précises.

De telles recherches pourraient être conduites dans l'esprit des travaux réalisés ces dernières années pour étudier le degré de nocivité des doses cumulées faibles de radioactivité.

La cause déterminante de ces leucémies ne peut être évidemment bien établie. Le fond radioactif du sol est, dans l'ensemble, assez élevé, mais extrêmement variable en raison de la présence de gîtes uranifères très nombreux.

D'autre part, une herbe (genre orysopsis) prélevée dans une prairie recouvrant un gisement uranifère à faible teneur (1 % d'uranium) a été analysée par fluorimétrie. Cette herbe, desséchée contient environ 30 parties par million d'uranium, ce qui correspond, pour la plante sur pied à une teneur voisine de 3 ou 4 parties par million. Si une vache est nourrie exclusivement dans cette prairie, elle absorbe 110 g d'uranium par an. On doit, en outre, penser que les produits radioactifs descendant de l'uranium peuvent être également fixés par la plante et absorbés par le bétail.

D'autre part, les eaux des sources, des puits et des abreuvoirs sont souvent radioactives non pas parce qu'elles contiennent du radon facilement éliminé, mais d'autres produits radioactifs. Il n'est pas rare de rencontrer dans la région citée des teneurs de 2 à 3 μg d'uranium par litre, ces teneurs atteignant parfois 10, 12 et même 50 μg/l.

(*) Séance du 16 juillet 1958.

(1) *Comptes rendus*, 247, 1958, p. 369.

(2) En comptant le centre urbain (11 000 habitants) signalé au cours de la Note précédente.

A 16 h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 h 25 m.

L. B.